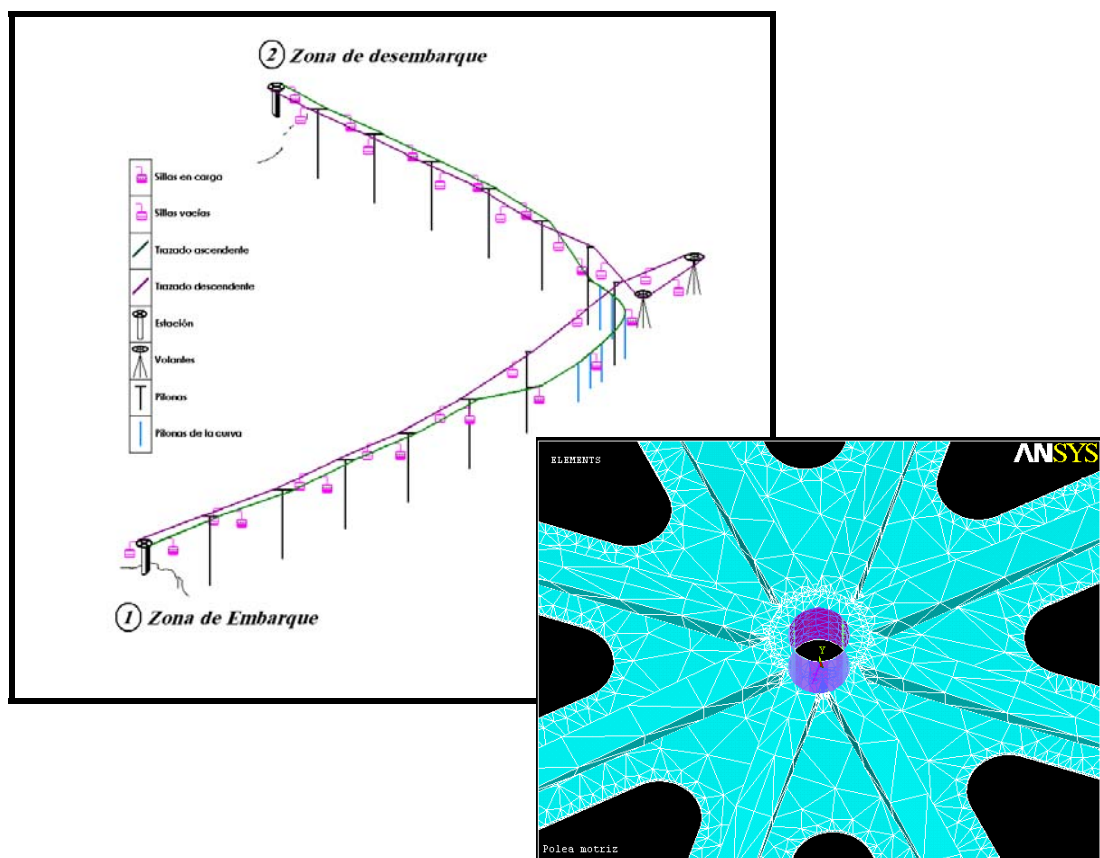


UNIVERSIDAD CARLOS III
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

Julio 2009



ESTUDIO DE LA SEGURIDAD DEL TELESILLA DÍLAR
Y
ANÁLISIS DE SUS ELEMENTOS

AUTORA: NAOMI LÓPEZ PEÑA

TUTORA: MARÍA BEATRIZ RAMÍREZ BERASATEGUI



ESQUEMA GENERAL

CAPÍTULO 1: DESARROLLO DEL TRANSPORTE POR CABLE

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- EL TRANSPORTE POR CABLE: DEFINICIÓN
- 3.-EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE POR CABLE
- 4.- TECNOLOGÍAS ACTUALES
- 5.- FUNICULARES
- 6.- ASCENSORES INCLINADOS
- 7.- TELESQUÍES
- 8.- TELEFÉRICOS

CAPÍTULO 2: TELESILLA DÍLAR

- 1.- LOCALIZACIÓN
- 2.- ANTECEDENTES
- 3.- EL NUEVO TELESILLA DÍLAR
- 4.- MONTAJE DEL TELECILLA DÍLAR

CAPÍTULO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- 1.- REQUISITOS GENERALES DE SEGURIDAD
- 2.- TRAZADO Y PERFIL DE LA LÍNEA
- 3.- ESPACIO ENVOLVENTE
- 4.- GÁLIBO LIBRE. DISTANCIAS DE SEGURIDAD
- 5.- VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO E INTERVALO
- 6.- TIPOS DE MANDO
- 7.- ACCIONAMIENTOS



-
- 8.- PARADA DEL REMONTE MECÁNICO
 - 9.- SISTEMAS DE FRENO
 - 10.- VÍAS DE CIRCULACIÓN Y ZONAS DE TRABAJO
 - 11.- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD

CAPÍTULO 4: MODELO

- 1.- CABLE PORTANTE- TRACTOR
- 2.- POLEA MOTRIZ
- 3.- POLEAS EN LA CURVA
- 4.- SILLAS
- 5.- ACCIONES E INFLUENCIAS DEL ENTORNO

CAPÍTULO 5: SIMULACIONES

- 1.- PROGRAMA DE SIMULACIÓN: ANSYS 8.0
- 2.- POLEA MOTRIZ
- 3.- POLEA EN LA CURVA
- 4.- JUSTIFICACIÓN DE ERRORES

CONCLUSIONES



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Fig.	Descripción	Pág.
1.1	Orígenes del transporte	2
1.2	Transporte marítimo	3
1.3	Telesilla	3
1.4	Funicular de Artxanda, Bilbao	5
1.5	1 de Enero de 1948: viaje inaugural, Suiza	6
1.6	Cronograma de la evolución temporal del transporte por cable	6
1.7	Leonardo Torres Quevedo	7
1.8	Trasbordador de las Cataratas del Niágara	7
1.9	Trasbordador Monte Ulía. San Sebastián	8
1.10	Teleférico sobre el Niágara	9
1.11	Esquema de Funicular	11
1.12	Desdoblamiento del trazado	11
1.13	Desdoblamiento del trazado	11
1.14	Sistemas de cableado	13
1.15	Sistemas de cableado	13
1.16	Funicular interurbano	14
1.17	Ascensores inclinados	15
1.18	Ascensores inclinados	15
1.19	Esquema de telesquí	16
1.20	Vista lateral de la estación inferior de un telesquí desembragable de disco	17



1.21	Telesquí de percha enrollable	18
1.22	Telesquí no desembagable de percha enrollable	19
1.23	Esquema de teleférico	20
1.24	Estación de teleférico	20
1.25	Teleférico de cabina rotatoria	21
1.26	Teleférico table Mountain, Sudáfrica	22
1.27	Esquema de telecabina	22
1.28	Telecabinas	23
1.29	Estación de telecabinas	23
1.30	Cabina modelo "Conus"	24
1.31	Esquema de telesilla	24
1.32	Telesilla de burbuja	25
1.33	Telesilla de pinza fija	25
1.34	Estación inferior	26
1.35	Teleféricos de grupo	28
1.36	Teleféricos de grupo	28
1.37	Teleférico monocable de doble anillo DLM	28

CAPÍTULO 2

2.1	Localización de Sierra Nevada en la Península Ibérica	2
2.2	Imagen de satélite de Sierra Nevada	3
2.3	Tabla de temperaturas en función de la altitud	3
2.4	Culonimbos sobre las cumbres de Sierra Nevada	4
2.5	Valle Borreguiles	5
2.6	Flores silvestres en la nieve (Gentiana Boryi)	5



2.7	Violetas de las nieves (<i>Viola crassiuscula</i>)	6
2.8	Cabra montesa en la cumbre del Veleta	6
2.9	Estación de Esquí de Sierra Nevada	7
2.10	Primeras retenciones en la carretera a Sierra Nevada	8
2.11	Snowboard en Sierra Nevada	8
2.12	Señalización de pistas en la estación de Sierra Nevada	9
2.13	Clasificación de remontes en Sierra Nevada	9
2.14	Plano de Pistas y remontes de Sierra Nevada	10
2.15	Telecabina Borreguiles	10
2.16	Telesilla Laguna	11
2.17	Telearrastre Borreguiles II	12
2.18	Localización del telesilla Dílar	12
2.19	Detalle del plano de pistas. Telesilla Dílar	13
2.20	Tabla de características del telesilla Dílar	13
2.21	Imagen del antiguo telesilla	14
2.22	Número de viajeros transportados a lo largo de los años	15
2.23	Diagrama sectorial de las recaudaciones de los remontes	16
2.24	<<Se rechazó la solución de un trazado rectilíneo>>	18
2.25	Extensión del Parque Nacional de Sierra Nevada	19
2.26	Lindes del Parque Nacional de Sierra	19
2.27	Situación del telesilla respecto del Parque	20
2.28	Esquema del telesilla Dílar	21
2.29	Detalle de la curva	22
2.30	Curva del telesilla Dílar	22



2.31	Curva del telesilla Dílar	22
2.32	Volantes	23
2.33	Volantes	23
2.34	Poleas de los balancines	23
2.35	Balancines en la curva	24
2.36	Balancines en la curva	24
2.37	Estación motriz	24
2.38	Estación superior	24
2.39	Helicóptero encargado de las tareas de montaje	26
2.40	Transporte de una torre	27
2.41	Operarios de la cuadrilla aérea	27

CAPÍTULO 3

3.1	Detalle de pieza con el distintivo CE	3
3.2	Normativa utilizada en el estudio de seguridad	4
3.3	Peligro	9
3.4	Operario realizando tareas de mantenimiento	10
3.5	Perfil topográfico del Veleta	11
3.6	Detalle del tendido del cable	12
3.7	Máquina destinada al tensado del cable	14
3.8	Construcción a dos alturas	15
3.9	Silla sometida a un viento de velocidad superior a 130 km/h	16
3.10	Detalle de plano. Oscilación en la piona	18
3.11	Esquema de diseño de las zonas de manos, pies y esquís	19
3.12	<< En la altura de sobrevuelo se tiene en cuenta el espesor de la nieve>>	21
3.13	<<Las sillas deben mantener un intervalo de separación>>	22



3.14	Punto de control en la estación motriz	26
3.15	Freno de emergencia	34
3.16	Detalle de plano. Resguardo para operarios	35
3.17	Señalización de peligro	36
3.18	Refugio cubierto por la nieve	36
3.19	Área de embarque	37
3.20	Croquis explicativo del área de embarque	38
3.21	Área de desembarque	39
3.22	Croquis explicativo de la zona de desembarque	40

CAPÍTULO 4

4.1	Elementos del cable	2
4.2	Características del cable portador-tractor del telesilla Dilar	3
4.3	Esquema de terminal seco	4
4.4	Planta de la estación motriz	5
4.5	Perfil de la polea motriz	6
4.6	Detalle del perfil de la polea motriz	6
4.7	Eje de la polea motriz	7
4.8	Vista en planta de la curva del telesilla Dilar	8
4.9	Tren de poleas	8
4.10	Polea y sección de la misma	9
4.11	Vista en planta de un tren de poleas	10
4.12	Esquema del vehículo	11
4.13	Dimensiones del vehículo	11
4.14	Vista del perfil de la estación motriz	14



4.15	Tabla de pesos estación motriz	14
4.16	Tabla de peso del cable portador-tractor	14
4.17	Vista en planta del tren de poleas en un apoyo de la curva del telesilla Dilar	15
4.18	Tabla de pesos en la curva del telesilla Dilar	15
4.19	Valores de aceleración en accionamiento y frenado	19

CAPÍTULO 5

5.1	Detalle de Plano. Planta polea Motriz	3
5.2	Detalle de plano. Perfil polea motriz	3
5.3	Elemento Solid 95	3
5.4	Polea motriz en volumen y líneas que la definen	4
5.5	Polea motriz en volumen y líneas que la definen	4
5.6	Polea motriz mallada	6
5.7	Nodos	7
5.8	Proceso de definición de cargas	7
5.9	Deformada de la polea motriz	8
5.10	Deformada de la polea motriz	8
5.11	Deformación de la polea motriz. Vista en perfil	9
5.12	Deformación de la polea motriz. Vista en planta	10



5.13	Traslación en el eje X. Vistas en perspectiva y en perfil	11
5.14	Traslación en el eje X. Vistas en perspectiva y en perfil	11
5.15	Traslación en el eje Y. Vistas en perspectiva y en planta	12
5.16	Traslación en el eje Y. Vistas en perspectiva y en planta	12
5.17	Traslación en el eje Z. Vistas en perspectiva y en perfil	13
5.18	Traslación en el eje Z. Vistas en perspectiva y en perfil	13
5.19	Resumen de traslaciones	14
5.20	Tensión de Von Mises. Vistas en perfil	14
5.21	Tensión de Von Mises. Vistas en perfil	16
5.22	Tensión de Von Mises. Vistas en perspectiva y planta	17
5.23	Tensión de Von Mises. Vistas en perspectiva y planta	17
5.24	Detalles de planos. Cuerpo de polea del tren de la curva objeto de estudio	19
5.25	Volumen y líneas que conforman la geometría del cuerpo de la polea	19
5.26	Volumen y líneas que conforman la geometría del cuerpo de la polea	19
5.27	Volumen del cuerpo de la polea. Perspectiva	20
5.28	Volumen del cuerpo de la polea. Planta	20
	Volumen del cuerpo de la polea. Perfil	20



5.29		
	Mallado del cuerpo de la polea. Perspectiva	21
5.30		
5.31	Mallado del cuerpo de la polea. Planta	21
5.32	Mallado del cuerpo de la polea. Perfil	21
5.33	Nodos del cuerpo de la polea de la curva	22
5.34	Definición de cargas en la curva	22
5.35	Deformación. Perspectiva	23
5.36	Deformación. Planta	23
5.37	Deformación. Perfil	23
5.38	Traslación en X. Perspectiva	25
5.39	Traslación en X. Planta	25
5.40	Traslación en X. Perfil	25
5.41	Traslación en Y. Perspectiva	26
5.42	Traslación en Y. Planta	26
5.43	Traslación en Y. Perfil	26
5.44	Traslación en Z. Vista e perspectiva	27



5.45	Resumen de traslaciones	28
5.46	Tensión de Von Mises. Vista en planta	29



INTRODUCCIÓN

La seguridad de las instalaciones mecánicas es fundamental, especialmente cuando están destinadas al transporte de personas, y debe estar presente en todas las fases de estos proyectos, desde el diseño hasta el montaje.

La temática del presente proyecto responde a un interés personal por el transporte por cable, tratada con anterioridad en trabajos como “La implantación del tranvía en el centro de Madrid” o “El transporte por cable. Evolución y Tipos”.

El uso de telesillas es cada vez más habitual, no sólo en entornos deportivos, sino también en enclaves turísticos, de ahí el interés en éste y no en otro tipo de sistema de transporte.

La construcción de los telesillas se lleva a cabo por grupos especializados en este tipo de remotes pertenecientes a empresas cuya actividad está centrada en los transportes por cable. Es por esto, que la proyección y diseño de soluciones de este tipo se realiza adaptándose estrictamente al Reglamento vigente relativo a la materia, y por otra parte, haciendo uso de la experiencia adquirida.

Tanto es así, que la disposición de los elementos constructivos y la elección de los materiales, es muy similar de unas instalaciones a otras, introduciéndose modificaciones destinadas a producir mejoras con el transcurso del tiempo, resultando unas el prototipo de las siguientes.

Es por esto, que avaladas como están las propiedades de los materiales y las prestaciones de las instalaciones, no resultan habituales estudios como el que motiva este proyecto.

Por otro lado, a pesar de lo seguras que resultan este tipo de instalaciones, y de lo restrictivo de la reglamentación que establece las pautas de diseño,



construcción y mantenimiento, lamentablemente, se producen accidentes como el que alarmó a la opinión pública el pasado 2 de Marzo en Sierra Nevada, en el telesilla Emille Allais.

En este proyecto se tienen muy presentes los factores que pueden desencadenar un percance de esas características y se especifican las medidas para evitarlos.



OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto aborda el estudio de seguridad del telesilla Dílar, el primer telesilla curvo instalado en España, y el estudio dimensional de diversos elementos estructurales de la instalación. Para ello se siguen los criterios establecidos en el reglamento que determina la legislación vigente.

Se pretende abordar el estudio de un área como los transportes por cable, que queda fuera del alcance de los contenidos de la carrera, desde la aplicación de conocimientos adquiridos en la misma, como el cálculo dimensional, en el que intervienen distintas facetas de la mecánica y la simulación mediante aplicaciones informáticas basadas en el método de los elementos finitos (programa Ansys 8.0).

El objeto del estudio es la instalación Dílar por su singularidad, dado que en el mundo sólo existía otro remonte con trazado curvo, y de menor capacidad. Este trazado se hace necesario por la presencia del Parque Nacional de Sierra Nevada, fuera de cuyas lindes debe transcurrir el ascenso de los viajeros, de manera que permite conocer un caso real de innovación tecnológica como respuesta a una situación desfavorable.

El estudio de seguridad busca asegurar que la instalación cumple con las exigencias impuestas a este tipo de instalación. Así mismo, cuenta con simulaciones por elementos finitos tanto de la polea motriz como de las poleas de la curva del telesilla Dílar, de acuerdo con el modelo real, para comprobar que se cumplen los requisitos de seguridad establecidos por el reglamento.

El proyecto se ha estructurado de la siguiente manera. En primer lugar, se presenta una descripción de los transportes por cable, para determinar los elementos diferenciadores del telesilla con respecto a otras instalaciones.

A continuación, se describe el telesilla Dílar, y se justifica el proyecto realizado por la empresa Doppelmayr y el alcance del mismo.



El estudio se centra en las características técnicas de la instalación para corroborar que se cumplen los preceptos de seguridad y definir posteriormente el modelo que se establece para realizar las simulaciones con el programa Ansys.

En las simulaciones se representan reproducciones fidedignas del modelo real de cargas aplicadas tanto en la polea motriz como en una de las poleas horizontales de la curva y se realiza un análisis de resultados que permite elaborar las conclusiones.



ÍNDICE

1.-	INTRODUCCIÓN	2
2.-	EL TRANSPORTE POR CABLE: DEFINICIÓN	4
3.-	EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE POR CABLE	5
3.1.-	AUTOR DESTACABLE: FRANCISCO TORRES QUEVEDO	7
4.-	TECNOLOGÍAS ACTUALES	11
5.-	FUNICULARES	12
6.-	ASCENSORES INCLINADOS	15
7.-	TELESQUÍES.....	16
8.-	TELEFÉRICOS	20
8.1.-	TELEFÉRICO DE VAIVÉN.....	20
8.2.-	TELECABINA	22
8.3.-	TELESILLA	24
8.4.-	SOLUCIONES INTEGRADAS.....	27
8.4.1.-	Teleférico de grupo o telecabina pulsado	27
8.4.2.-	Teleféricos monocables de doble anillo.....	28
8.4.3.-	Teleférico tricable de movimiento continuo (3-S)	29

CAPÍTULO 1 – DESARROLLO DEL TRANSPORTE POR CABLE

1.- INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el ser humano ha sentido la necesidad de disfrutar de espacios más allá de su entorno.

Es por ello que buena parte de los esfuerzos en la aplicación de los avances científicos y técnicos ha ido encaminada a favorecer su movilidad.

De hecho, muy probablemente, el campo en el que se ha producido la evolución más espectacular y de mayor trascendencia en la sociedad, ha sido el de los transportes.

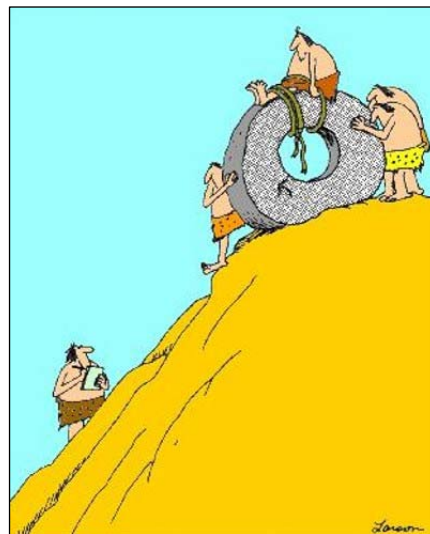


Fig. 1.1 Orígenes del transporte

El desarrollo de los mismos ha tenido una enorme incidencia en la vida cotidiana de los pueblos a todos los niveles, hasta el punto de hacer del tiempo una medida fundamental de las distancias.

Los primeros ferrocarriles aparecen en el siglo XIX, convirtiéndose en el medio de transporte por excelencia de la primera revolución industrial. No obstante, los inventos que revolucionaron el mundo del transporte fueron los referentes al desarrollo de la aviación, el barco de casco de acero y el automóvil de motor de explosión.

El transporte por cable puede considerarse como un modo de transporte independiente, distinto de los modos clásicos: carretera, ferrocarril, aéreo, marítimo y tubería.

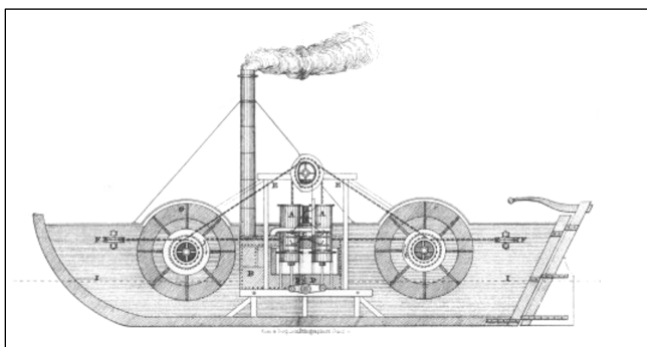


Fig. 1.2 Transporte marítimo

Atendiendo a parámetros como toneladas/kilómetro y/o viajeros/kilómetro transportados, se hace patente que su importancia dentro del campo global del transporte es muy limitada en términos económicos.

Se trata, a pesar de lo mencionado, de un modo de transporte en un proceso de renovación y evolución tecnológica rápido y continuo, lo que justifica el trabajo expuesto a continuación en el que se abordan las últimas innovaciones dentro de este sector.



Fig. 1.3 Telesilla



2.- EL TRANSPORTE POR CABLE: DEFINICIÓN

Se encuadran en el transporte por cable todos los sistemas de transporte en los que se empleen cables metálicos, bien sean para constituir la vía de circulación de los vehículos, o bien para transmitir a los mismos los esfuerzos motor o de frenado, lo cual está de acuerdo con la Directiva 2000/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de marzo de 2000, relativa a las instalaciones de transporte de personas por cable.

Las instalaciones a las que hace referencia la Directiva citada y a las que se hará referencia en lo sucesivo son:

- Los funiculares y otros vehículos que se desplazan mediante tracción de uno o más cables.
- Los teleféricos desplazados o movidos por cables, incluidos las telecabinas y los telesillas.
- Los telesquíes.

Quedando excluidos:

- Los ascensores verticales. (Directiva 95/16/CE)
- Los tranvías de tipo convencional traccionados por cable.
- Las embarcaciones accionadas por cable, los ferrocarriles de cremallera, las instalaciones accionadas mediante cadenas.

3.- EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE POR CABLE

Los sistemas de transporte por cable se han venido empleando con diversos fines.

Las instalaciones civiles realizadas en el primer tercio del siglo XX se destinaron preferentemente a fines turísticos no deportivos, siendo en general su objetivo el acceso a parajes de montaña antes inaccesibles y de gran belleza.



Fig. 1.4 Funicular de Artxanda, Bilbao

Posteriormente, dentro de esta misma finalidad, aparecen otro tipo de instalaciones, planteadas como itinerarios panorámicos sobre lugares con algún atractivo especial, tales como parques naturales, recintos de exposiciones, ciudades, etc.

En la primera mitad del siglo se construyeron también muchas instalaciones con fines militares.

A partir de los años 50 del siglo XX, la mayor parte de las instalaciones de transporte por cable que se construyeron tuvieron como finalidad el transporte de esquiadores. A esta finalidad se la conoce habitualmente como deportiva, si bien, dado que el esquí es una actividad íntimamente ligada al turismo, también se relaciona a estos sistemas con fines turísticos.

Los primeros telesillas se basaron en el modelo ideado por el ingeniero italiano Tommaso Agudio en 1931, que consiguió facilitar el ascenso a las pistas a cualquier persona que quisiera practicar el esquí, ya que hasta ese momento, sólo los aristócratas ingleses hacían turismo por las regiones alpinas.

Otras finalidades a las que atienden sistemas de transporte por cable existentes en el mundo son enlaces de tipo urbano, transporte laboral o servicios equivalentes al de un ascensor privado. Por otro lado se encuentran todas las instalaciones destinadas al transporte de mercancías.



Fig. 1.5

1 de Enero de 1948: viaje inaugural, Suiza

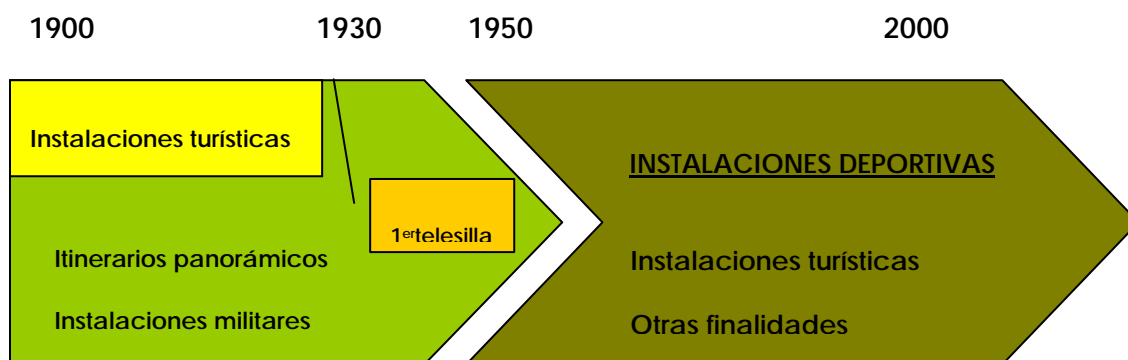


Fig. 1.6 Cronograma de la evolución temporal del transporte por cable

3.1.- AUTOR DESTACABLE: FRANCISCO TORRES QUEVEDO

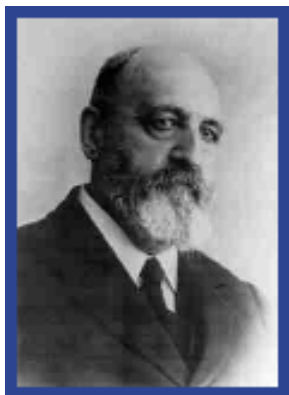


Fig. 1.7

Leonardo Torres Quevedo

En la evolución de los transportes por cable, tiene especial relevancia la figura del ingeniero español Leonardo Torres Quevedo, inventor del trasbordador.

Nace en 1852 en Santander aunque es de ascendencia vasca. La familia Torres Quevedo residía normalmente en Bilbao, donde el padre ejercía de ingeniero de ferrocarriles, aunque pasaban largas temporadas en el solar materno en La Montaña cántabra.

Comienza a ejercer su carrera en la misma empresa de ferrocarriles en la que trabajaba su padre, colaborando en trabajos de Ferrocarriles (interviene en la línea Sevilla-Cádiz) sin embargo, pronto lo abandona para emprender un largo viaje por Europa y conocer de primera mano los avances científicos y técnicos, sobre todo en el área incipiente de la electricidad.

De regreso a España se instala en Santander donde él mismo sufraga sus trabajos e inicia una actividad de estudio e investigación que no abandonará. Se dedica a inventar, y muchas de sus patentes de entonces tienen vigencia ahora. Todos sus avances se basan en la electro-mecánica.



Fig. 1.8 Trasmontador de las Cataratas del Niágara

La investigación de Torres Quevedo en el área de transbordadores, funiculares o teleféricos, comenzó muy pronto durante su residencia en su pueblo natal, Molledo. Es en 1887, en su propia casa donde construye su primer transbordador para salvar un desnivel de unos 40 metros: de unos 200 metros de longitud y tracción animal, una pareja de vacas, y una silla a modo de barquilla.

Este experimento fue la base para la solicitud de su primera patente, que pediría ese mismo año: un funicular aéreo de múltiples cables, con el que lograba un coeficiente de seguridad apto para el transporte de personas y no solo de objetos.

Posteriormente construyó el denominado *transbordador del río León*, de mayor envergadura, ya con motor, pero que siguió siendo utilizado exclusivamente para transporte de materiales, no de personas.

En 1890 presenta su transbordador en Suiza, país muy interesado en ese transporte debido a su orografía y que ya venía utilizando funiculares para el transporte de bultos, pero el proyecto de Torres Quevedo es rechazado, permitiéndose la prensa suiza ciertos comentarios irónicos.

En 1907, Torres Quevedo construye el primer transbordador apto para el transporte público de personas, en el Monte Ulía en San Sebastián.



Fig. 1.9 Trasbordador Monte Ulía. San Sebastián

El problema de la seguridad fue solventado mediante un ingenioso sistema múltiple de cables-soporte, liberando los anclajes de un extremo que fueron sustituidos por contrapesos.

El diseño resultante era de gran robustez, y resistía perfectamente la ruptura de uno de los cables de soporte. A partir de aquí construyó muchos otros, mediante la Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería de Bilbao, por ejemplo en Chamoix, o Río de Janeiro.

Pero, sin duda, el más famoso de sus trasbordadores, fue el construido sobre las Cataratas del Niágara (Canadá) llamado "*SPANISH AEROCAR*", que se inauguró en pruebas en 1916, siguiendo hoy en día en pleno funcionamiento.



Fig. 1.10 Teleférico sobre el Niágara

El transbordador de 580 metros de longitud es un funicular aéreo que une dos puntos diferentes de la orilla canadiense del río Niágara y discurre sobre un remanso conocido como *El Remolino (The Whirlpool)*.



Se construyó entre 1914 y 1916 siendo un proyecto español de principio a final: ideado por un español, construido por una empresa española con capital español (The Niágara Spanish Aerocar Co. Limited); una placa de bronce, situada sobre un monolito a la entrada de la estación de acceso recuerda este hecho: *Transbordador aéreo español del Niágara. Leonardo Torres Quevedo (1852-1936)*.

Se inauguró dos veces, la primera en pruebas el 15 de febrero de 1916 y oficialmente el 8 de agosto de 1916, abriéndose al público al día siguiente.

El transbordador, con pequeñas modificaciones, sigue en activo hoy día, con ningún accidente digno de mención, constituyendo un atractivo turístico y cinematográfico de gran popularidad.

Leonardo Torres Quevedo muere en Madrid, en plena Guerra Civil el 18 de diciembre de 1936, a falta de 10 días para cumplir 84 años.



4.- TECNOLOGÍAS ACTUALES

Los proyectos de instalaciones de transporte por cable son únicos, por lo que cada uno es un prototipo. Puede decirse que no existe la “producción en cadena”. Por este motivo, en cada diseño aparecen nuevos avances que en muchos casos se incorporan en trabajos posteriores.

En una primera aproximación, pueden distinguirse tres tipos de instalación fundamentales así como otras adicionales.

1. FUNICULARES: sistemas terrestres.

* Ascensor inclinado

2. TELESQUÍES

3. TELEFÉRICOS: conglomerado de sistemas aéreos.

- TELEFÉRICOS BICABLES DE VAIVÉN
- TELECABINAS
- TELESILLAS
- SOLUCIONES INTEGRADAS

* *Teleférico de grupo o telecabina pulsado*

* *Teleféricos monocables de doble anillo*

* *Teleférico tricable de movimiento continuo (3-S)*

4. OTRAS INSTALACIONES

- NARRIAS
- TELETRINEOS

En lo sucesivo se realizará una descripción de cada una de las instalaciones haciendo especial hincapié en sus limitaciones y las innovaciones que se emplean para solventarlas.

5.- FUNICULARES

Un funicular es un sistema terrestre en el que los vehículos se desplazan movidos por ruedas que se apoyan sobre los carriles. El esfuerzo motor lo realizan uno o varios cables.

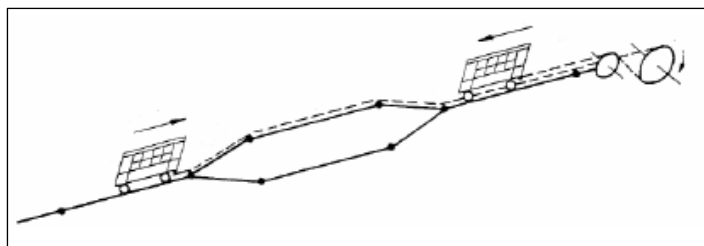


Fig. 1.11 Esquema de Funicular

Su estructura habitual consiste en dos vehículos con movimiento de vaivén. Uno de los vehículos asciende arrastrado por el cable tractor, mientras otro desciende, retenido por el mismo. La polea motora se ubica en la estación superior. Para facilitar el cruce de los vehículos, la vía se desdobra. El cable suele discurrir por el centro de la vía y se apoya en las "poleas de línea", que son verticales en las rectas e inclinadas en las curvas.



Figs. 1.12/1.13 Desdoblamiento del trazado

Una de las limitaciones que tradicionalmente presentaba este sistema de transporte es la longitud de la línea. Ésta no puede ser ilimitada ya que el cable resultaría excesivamente pesado y presentaría problemas de dilatación térmica.

Sin embargo, la capacidad de la instalación depende de la longitud. La solución habitual a este problema fue el establecimiento de estaciones de trasbordo intermedias, pero no resultaba satisfactoria del todo, al conllevar demoras e incomodidades para los viajeros.

Los sistemas actuales disponen un segundo cable lastre o contracable que permite un comportamiento mecánico más estable y un mejor guiado de los vehículos. Esto se complementa con un complejo sistema de tensado de los cables, ubicado en la estación inferior.



Figs. 1.14/1.15 Sistemas de cableado

Otra de las limitaciones que presentaba el funicular era la necesidad de que la pendiente de la línea fuera aproximadamente constante, dado que los vehículos y las estaciones debían adaptarse a esa inclinación. Se admite un margen de variación y en parte se puede corregir mediante movimientos de tierra y estructuras, que siempre encarecen la instalación y aumentan el impacto paisajístico, de modo que para paliar estos problemas y mejorar la comodidad de los pasajeros se han desarrollado vehículos con sistemas hidráulicos que permiten el movimiento de los compartimentos y su adaptación a la pendiente de la línea en cada punto. Así el viajero permanece siempre

sobre plano horizontal. Con este método se ha conseguido que la vía admita pendientes muy elevadas, hasta del 188% (62°).

Los vehículos de funicular también han experimentado grandes cambios. Se incorporan todo tipo de comodidades, como acceso a discapacitados, aire acondicionado, materiales no deslizantes y antivandálicos, etc. En estos vehículos se ha llevado al extremo el concepto del



Fig. 1.16 Funicular interurbano

viaje como atractivo paisajístico en sí mismo, a pesar de que esa dimensión es menor que en los sistemas aéreos. Así mismo, el vehículo de los últimos modelos de funicular está casi completamente acristalado, incluyendo el techo, contando con un amplísimo ventanal frontal y ubicando la cabina del conductor en la parte superior del vehículo. En los compartimentos se han dispuesto pulsadores para que los viajeros indiquen en cuál de las estaciones desean apearse. Comparten muchas de las tecnologías de los transportes ferroviarios, especialmente de los ligeros.

En estos momentos ya es posible la explotación completamente automática, con la consiguiente reducción de los costes de personal y manteniendo un elevado nivel de seguridad. Se trata de una instalación muy controlada en la que no son previsibles incidencias. En ocasiones puede llegar a funcionar de forma similar al ascensor de un edificio.

6.- ASCENSORES INCLINADOS

Antes de abandonar los sistemas terrestres de transporte por cable, no deben olvidarse los ascensores inclinados, que constituyen una evolución del plano inclinado hacia el concepto de ascensor y permite a un grupo reducido de viajeros ascender por una pendiente.

Supone fundamentalmente una infraestructura de guiado del vehículo en una pendiente habitualmente corta y pronunciada. El trayecto es realizado generalmente por un único vehículo de manera automática.

Sus tecnologías se alejan de la vía clásica de ferrocarril que, con pocas variaciones adopta el funicular, para aproximarse más a un híbrido entre las de un ascensor convencional de edificación, un monorraíl o un People Mover. Prueba de ello es el hecho de que uno de los principales fabricantes de este sistema sea la "Joint Venture" constituida en 1996 por el famoso fabricante de ascensores Otis y la empresa especialista en transportes por cable Pomagalski para construir Automated People Movers (APM) y ascensores inclinados.



Figs. 1.17/1.18 Ascensores inclinados

7.- TELESQUÍES

El telesquí es un sistema de transporte monocable de vía terrestre y movimiento continuo unidireccional que se caracteriza por arrastrar a los esquiadores montaña arriba, mientras ellos permanecen derechos sobre sus esquís, a lo largo de un itinerario fijo.

Consiste en un cable sostenido por diversos pilones que se mueve a velocidad fija, del que están enganchadas las perchas. Éstas son unos elementos alargados que transmiten la velocidad a los

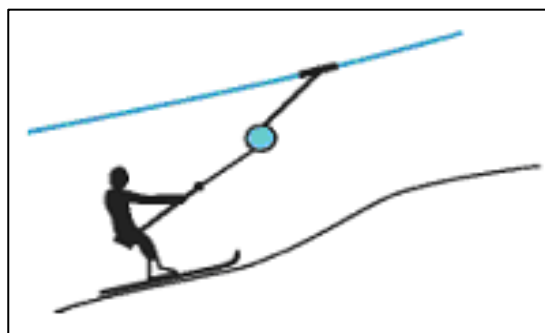


Fig. 1.19 Esquema de telesquí

esquiadores gracias a un acabado perpendicular a su eje que los

esquiadores se colocan tras la parte superior de las piernas.

Entre las perchas, y por tanto entre los esquiadores de la fila que remonta, debe existir una distancia mínima, que depende de que si la percha se mueve solidaria con el cable o no. En función de esta unión, los sistemas se clasifican en permanentes y desembragables.

En los sistemas permanentes –o de pinza fija-, las perchas están siempre fijas en el cable, por lo que siempre se mueven a la velocidad de éste. Esto implica que los esquiadores deban desengancharse de la percha en movimiento, lo cual, además de molesto, puede resultar peligroso.

Los sistemas de unión temporal, disponen de un embrague que permite el desacople de la percha. En estas instalaciones, las perchas permanecen por defecto en la base del telesquí, y sólo cuando aparece un esquiador, se acoplan al cable, que abandonan al realizar un ciclo completo –remonte del esquiador y descenso-. El número de perchas circulantes es, pues, variable en este tipo de telesquíes.



Fig. 1.20 Vista lateral de la estación inferior de un telesquí desembragable de disco

Las perchas pueden remontar a uno o dos esquiadores en función de su acabado. De esta manera, existen perchas de disco, adecuadas para el ascenso de una persona, y perchas de ancla, en las que el remonte se puede llevar a cabo en pareja. En este caso, el final de la percha queda entre los dos esquiadores, que se apoyan en sendos brazos del ancla.

En los telesquíes la distancia del cable al suelo es fija –unos 3 o 4 metros-, sin embargo, el esquiador que está siendo remontado por la percha no lo percibe así, con la consiguiente sensación de inestabilidad. Esta sensación se debe, en primer lugar, al hecho de que el grueso de nieve en el terreno es variable y por otra parte, a que la pendiente tampoco permanece constante a lo largo de todo el trazado.

Este hecho se solventa variando la inclinación de las perchas, de manera que puedan discurrir en la posición más adecuada a las circunstancias del itinerario. Para facilitar esto se han desarrollado dos tipos de perchas a disposición de los proyectistas: la percha rígida y la percha enrollable.

La percha rígida es una barra de longitud fija, articulada tanto al principio como al final de manera que pueda satisfacer inclinaciones variables respecto de esquiador y cable.

La percha enrollable tiene un pequeño elemento rígido articulado con el cable donde se enrolla otro cable a cuyo final está el ancla que estira al esquiador.



Fig. 1.21 Telesquí de percha enrollable

Teniendo en cuenta la gran variedad de soluciones que presentan los telesquís, cabría pensar que existe una enorme gama de los mismos en función de las distintas combinaciones posibles. No obstante, algunas de las soluciones son incompatibles entre sí, reduciendo la tipología.

Todos los telesquís de ancla son de pinza fija y de percha enrollable. Se suelen reservar para trayectos cortos en secciones planas, es decir, quedan destinados a esquiadores principiantes. Tienden a ser sustituidos por alfombras rodantes.

Por otro lado, todos los desembagables son de percha rígida e individuales (con percha de disco). Éste último es precisamente el tipo de telesquí más utilizado, especialmente en distancias y desniveles grandes.

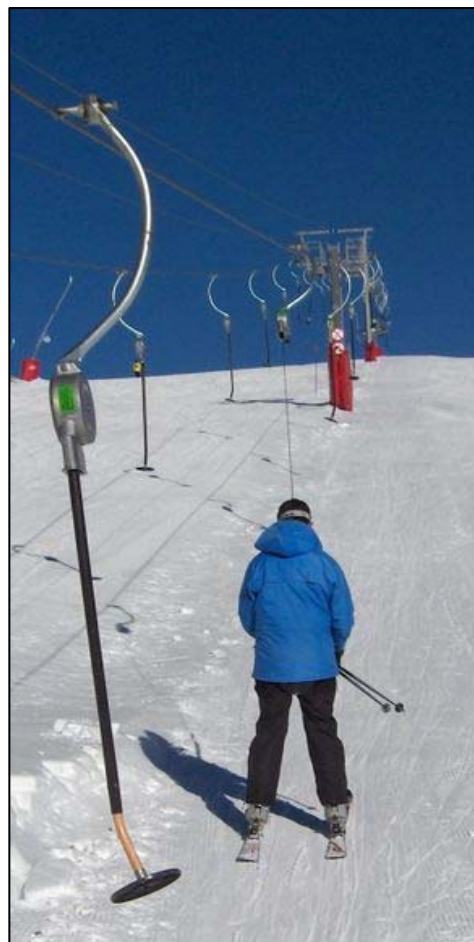


Fig. 1.22 Telesquí no desembagable de percha enrollable

8.- TELEFÉRICOS

El término teleférico se aplica genéricamente a todos los sistemas aéreos de transporte por cable, si bien este término se utiliza para referirse a los teleféricos de vaivén –los más habituales– cuando se contraponen a telecabinas y telesillas.

8.1.- TELEFÉRICO DE VAIVÉN

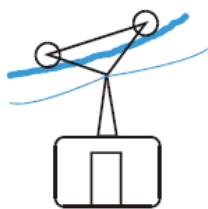


Fig. 1.23

*Esquema de
teleférico*

Los teleféricos de vaivén son sistemas bicables y también conocidas como teleféricos pesados o simplemente teleféricos.

Consisten habitualmente en dos cabinas que ruedan sobre el cable portador mediante un carretón en un movimiento de vaivén. El cable tractor suele estar unido permanentemente al vehículo. Las torres de apoyo que sustentan la vía, pueden ser tubulares o en celosía. Por su parte, la capacidad del sistema, depende de la longitud de la instalación, oscilando entre 100 y 1000 viajeros/hora.

Los teleféricos de vaivén son las instalaciones aéreas que permiten vanos más largos, superiores a 1 km como en Table Mountain (Sudáfrica), y mayores vientos. La longitud del vano vendrá determinada por la resistencia de los cables y la flecha.

Estos sistemas pueden discurrir a gran altura sobre el suelo, es más, de acuerdo con el Pliego de condiciones técnicas vigente en España (Orden 14-1-98) la altura es ilimitada siempre que dispongan



Fig. 1.24 Estación de teleférico

de cabina de evacuación.

Los vehículos para este tipo de instalación evolucionan continuamente, tanto en tamaño como en comodidad, seguridad, estética y aerodinámica. Las cabinas son cerradas y con capacidades que van de los 2 hasta los 180 pasajeros. Puede destacarse la cabina de dos pisos y 180 plazas del teleférico de Samnaun (Gangloff para Garaventa), construida en 1995, que supuso un hito en este tipo de transporte. Este tipo de cabina tan grande, se emplea habitualmente para fines deportivos, más que de otra índole.



Fig. 1.25 Teleférico de cabina rotatoria

Otra interesante innovación, orientada específicamente a aumentar la espectacularidad del recorrido en viajes turísticos, es la cabina de suelo rotatorio Rotair, que fue desarrollada por CWA. La citada Table Mountain en Sudáfrica, construida por Garaventa en 1997, con cabinas de 65 plazas, cuenta con este sistema, así como la instalada en Titlis (Suiza-1992), que fue la primera, con una cabina de 80 plazas, que a pesar de encontrarse en una estación de esquí está abierta todo el año para uso turístico.



Fig. 1.26 Teleférico table Mountain, Sudáfrica

Muchas de las innovaciones técnicas incluidas en el diseño de teleférico conjugan sus propiedades con las de las telecabinas, y se comentarán a continuación de éstas.

8.2.- TELECABINA

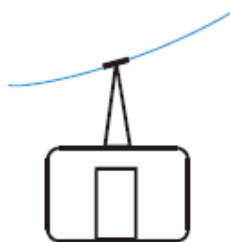


Fig. 1.27
Esquema de
telecabina

Las telecabinas son instalaciones aéreas, generalmente monocable y de movimiento continuo unidireccional. Su condición monocable implica que exista sólo uno o un grupo de cables transportadores responsable tanto del soporte de la carga como del esfuerzo motor. Las telecabinas bicables no son habituales.

En lo que respecta a la unión al cable, ésta suele ser temporal, es decir, son sistemas desembragables. Esto permite circular a velocidad reducida en las estaciones, a cuya entrada se desacoplan las pinzas del cable transportador; y con ello se reduce la velocidad de la cabina hasta casi su detención, facilitando el acceso y el abandono de la misma por los pasajeros. Posteriormente, la pinza vuelve a engancharse al cable. El uso de sistemas

desembragables, hace necesarias zonas de llegada y lanzamiento en las estaciones.



Fig. 1.28 Telecabinas

Las telecabinas necesitan apoyos más próximos que los teleféricos de vaivén y deben mantener menores distancias al suelo, 60 m como máximo según el pliego español. Por contra, la capacidad es mayor e independiente de la longitud de la línea; ahora es función del número de vehículos, que habitualmente oscilan entre 20 y 70 cabinas. Las cabinas tienen habitualmente capacidades comprendidas entre 4 y 12 viajeros, y pueden ser abiertas o cerradas. Este sistema, así como los telesillas, cuenta con una elevada capacidad de transporte, de 1000 a 3000 viajeros/hora.



Fig. 1.29 Estación de telecabinas

Las cabinas para esta instalación están mejorando su aerodinámica, mediante cabinas circulares (por ejemplo el modelo “Conus” de CWA) y aumentando su tamaño (hasta 30 pasajeros). En la actualidad disponen de apertura, cierre y bloqueo automático de puertas, ventilación especial y cristales ahumados. La explotación puede ser automática (desde 1966 Val d’Isère y Queenstown; POMA).



Fig. 1.30 Cabina modelo “Conus”

8.3.- TELESILLA

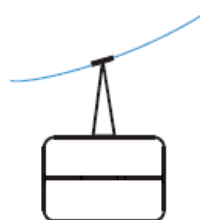


Fig. 1.31
Esquema de
telesilla

Como se ha comentado anteriormente, el telesilla es el sistema de transporte por cable que más se ha venido construyendo desde la segunda mitad del siglo pasado, y por lo tanto el más extendido y el que mayores avances ha experimentado. El principal motivo es el auge que han sufrido los deportes de nieve. Además, este tipo de instalación atiende a fines deportivos y a su vez altamente turísticos.

Los telesillas son instalaciones aéreas monocable de movimiento unidireccional. Comparten numerosas analogías con las telecabinas. En este caso también es un sólo cable -o grupo- el que soporta las cargas y realiza los esfuerzos motores. El cable tractor se apoya en diversos pilares o pilonas, a una altura mínima tal que permita a los esquiadores pasar bajo las sillas sin peligro de colisión con los esquís de los ocupantes de las sillas – que en general, los llevan puestos-, teniendo en cuenta el nivel de la nieve. La capacidad de este sistema depende del número de vehículos, que en este

caso, dadas las condiciones de la instalación, será mayor que en los casos anteriores y oscila entre los 1000 y los 3000 viajeros/hora.



Fig. 1.32 Telesilla de burbuja

El número de posibles ocupantes por silla es de entre uno y ocho, siendo los más frecuentes de 4 y 6 personas. El número de sillas que hay colgadas en el cable es constante, ahora bien, éstas no siempre están enganchadas. En función de si la unión con el cable es permanente o

temporal, existen dos tipos de telesilla: de pinza fija y desembragable.

En los telesillas de pinza fija las sillas permanecen enganchadas al cable a lo largo de todo el trayecto. Esto supone que los esquiadores deben subir y bajar de los asientos en marcha, de manera, que por razones de seguridad, la velocidad de la instalación queda limitada a 2,5 m/s. A esta velocidad se evitan golpes bruscos al subir y velocidades demasiado altas al bajar.



Fig. 1.33 Telesilla de pinza fija

En los telesillas desembragables, la velocidad del cable es de 5 m/s a lo largo de todo el recorrido hasta llegar a las estaciones superior e inferior, en las que la silla se desacopla y discurre a una velocidad de 0,3 m/s. Así, los vehículos circulan a una velocidad mayor y los pasajeros pueden acceder a ellos o abandonarlos de forma cómoda y segura. En la actualidad, en este tipo de instalación se emplean cabinas en lugar de asientos rasos, en las que los pasajeros pueden mantener los esquís puestos. Así surge el telesilla de cabina.

A fin de aumentar la densidad de sillas en el cable, se ha inventado el sistema de doble acceso, que consiste en hacer circular las sillas que llegan a la base del remonte por dos caminos diferentes alternativamente, dando así más tiempo a los pasajeros para acceder, volviendo a ponerse una detrás de la otra en el momento de reenganche al cable.

El sistema sólo se aplica a la estación inferior porque el cuello de botella que limitaba el rendimiento del remonte era el tiempo mínimo que la gente necesita para sentarse y acomodarse a la silla, no para salir.



Fig. 1.34 Estación inferior



Sólo cerca de las estaciones de base y final de trayecto, el cable circula cerca del suelo, de manera que los asientos de las sillas queden a la altura de las rodillas de los esquiadores, que así podrán subir y bajar con facilidad. La llegada a ellas debe ser horizontal y sin foso. Además, se hace necesaria una zona de giro de los vehículos, y en el caso de los telesillas desembragables, han de existir zonas de llegada y de lanzamiento.

A pesar de existir desde casi los inicios de las estaciones de esquí, los telesillas fueron durante muchos años arrinconados como instalación de remonte predominante por el telesquí, en comparación con el cual son generalmente más caros y sensibles al viento. Las estadísticas más recientes han demostrado que el telesquí es el sistema de remonte con un mayor índice de accidentes, lo cual ha invertido la tendencia en pro de la seguridad de los usuarios.

Por otro lado, las últimas innovaciones de los telesillas - su mayor capacidad, el hecho de que el espacio que ocupan no es de uso por ser un medio aéreo o las mejoras en los vehículos- les ha hecho predominar.

8.4.- SOLUCIONES INTEGRADAS

A partir de los modos de transporte aéreo vistos anteriormente, y combinando sus distintas cualidades, se han desarrollado nuevos sistemas.

Buscando la sencillez de una pinza fija se ha desarrollado la telecabina pulsada o teleférico de grupo.

Con el fin de aumentar el tamaño de vano en los sistemas de movimiento continuo unidireccional se ha avanzado en dos direcciones, los teleféricos monocables con doble anillo transportador (DMC, DLM y Funitel) y los bicables con doble cable portador (3-S)

8.4.1.- Teleférico de grupo o telecabina pulsado

Esta instalación monocable, con pinzas fijas y movimiento circulante intermitente resulta de gran interés para muchas aplicaciones turísticas. Consta de dos o

cuatro grupos de cabinas y se detiene en las estaciones para que los viajeros suban o se apeen.



Figs. 1.35/1.36 Teleféricos de grupo

Entre sus ventajas cabe destacar la sencillez de los sistemas de pinzas fijas y su atractivo aspecto. Su mayor desventaja es que la capacidad depende de la longitud de la línea –característica propia de los teleféricos–, lo que se podría paliar aumentando los grupos de cabinas, pero esta solución obligaría a un número excesivo de detenciones de los viajeros durante el trayecto. La solución pasa por encontrar el número de cabinas óptimo.

8.4.2.- Teleféricos monocables de doble anillo

Son una variante de las telecabinas en las que se disponen dos cables transportadores paralelos, formando una vía.



Fig. 1.37 Teleférico monocable de doble anillo DLM

La gran ventaja de este sistema es que la gran anchura de la vía (3,2 m en el Funitel de Doppelmayr) confiere una mayor estabilidad frente a grandes vientos y la posibilidad de realizar mayores vanos. Por otro lado, el



movimiento circulante y las grandes cabinas hacen que sea un sistema de elevada capacidad.

8.4.3.- Teleférico tricable de movimiento continuo (3-S)

A pesar del nombre que le otorga la empresa creadora (Von Roll), es un teleférico conceptualmente bicable, dado que tiene dos cables portadores (o cables carril) y un cable tractor. El movimiento es continuo unidireccional.

Pretende combinar las ventajas de un teleférico con las de una telecabina. Como el teleférico, supera grandes obstáculos al permitir vanos grandes y circula a velocidades elevadas, de hasta 8 m/s. A la vez, permite que el sistema de embarque y desembarque sea similar al de una telecabina y tiene una capacidad elevada, independiente de la longitud de la línea al ser movimiento continuo unidireccional.



ÍNDICE

1.-	LOCALIZACIÓN:	2
1.1.-	Climatología	3
1.2.-	Sierra Nevada como Parque Nacional	5
1.3.-	Sierra Nevada como estación de esquí.....	7
	1.3.1.- Pistas y Remontes	9
2.-	ANTECEDENTES	15
3.-	EL NUEVO TELESILLA DÍLAR	16
3.1.-	JUSTIFICACIÓN de la IMPLANTACIÓN del dÍlar.....	16
3.2.-	DISEÑO DEL TELESILLA	19
	3.2.1.- El problema del Parque Nacional.....	19
4.-	MONTAJE DEL TELESILLA DÍLAR.....	27

CAPÍTULO 2- TELESILLA DÍLAR

En este capítulo se abordan el estudio y justificación de la construcción del telesilla Dílar.

1.- LOCALIZACIÓN:

El telesilla Dílar se encuentra en la estación de esquí de Sierra Nevada, y forma parte de la red de infraestructuras de remonte de la misma.

Sierra Nevada es una cadena montañosa situada en la Cordillera Penibética, que se extiende por la zona centro-sureste de la provincia de Granada y parte del suroeste de la provincia de Almería, en España.

Está aislada por el valle del Lecrín por el oeste, el valle del Guadalfeo

al sur, por la depresión Bética al norte, por el corredor de Gérgal al este, y por el valle del Andarax al sureste.



Fig. 2.1 Localización de Sierra Nevada en la Península Ibérica

Las coordenadas geográficas entre las que se encuentra son: de 36°55' a 37°15' de latitud norte, y de 2°56' a 3°38' de longitud oeste. Tiene una longitud de casi 80 km, su anchura oscila entre los 15 y los 30 km, y su superficie es de más de 2.000 km².

1.1.- CLIMATOLOGÍA

Según el catálogo de parques nacionales del Ministerio de Medio Ambiente de España, Sierra Nevada es el ejemplo más representativo de los ecosistemas mediterráneos de alta montaña.

Por ello, como rasgos más característicos del clima de Sierra Nevada se pueden identificar:

- Aridez, consecuencia de su orientación oeste-este y los vientos predominantes del oeste)
- Fuerte insolación, propia de la zona mediterránea.

Las condiciones que determinan la enorme diversidad climática en Sierra Nevada son su importante amplitud altitudinal, latitud, y la compleja topografía del terreno.



Fig. 2.2 Imagen de satélite de Sierra Nevada

La amplitud altitudinal determina el aumento de la insolación conforme se asciende y provoca oscilaciones térmicas de gran importancia:

ALTURA (m)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
Por debajo de 1500	14
De 1500 a 2000	10
De 2000 a 3000	6
Por encima de 3000	Bajo 0

Fig. 2.3 Tabla de temperaturas en función de la altitud

La vertiente septentrional es más fría que la vertiente sur por su menor insolación y mayor exposición a los vientos del norte.

Su posición meridional y su presencia en la zona de influencia mediterránea provocan su relativa sequedad; en verano (de mayo a octubre) la pluviosidad es mínima, mientras que en invierno las precipitaciones son casi en exclusiva en forma de nieve a partir de los 2.000 metros de altura.

Los vientos ayudan a determinar un máximo de otoño en la vertiente sur (vientos del suroeste) y otro máximo de primavera en la vertiente norte, de mayor influencia noratlántica (con vientos de dirección norte y noroeste).



Fig. 2.4 Culonimbos sobre las cumbres de Sierra Nevada

Además se deben resaltar las peculiares condiciones microclimáticas que se crean en cada uno de los valles, ríos y barrancos. En ello la ya mencionada insolación cumple un importante papel.

1.2.- SIERRA NEVADA COMO PARQUE NACIONAL

Gran parte del entorno, sobre todo por encima de los 2.400 metros (que corresponde con el límite de las nieves perpetuas hasta la llegada del período Holoceno) ha sido modelado por la antigua presencia de glaciares, dando lugar a innumerables lagunas de alta montaña, especialmente en la vertiente sur del macizo, y valles en forma de "U", fruto del cauce glaciar.

La mayor parte de su extensión está dentro del Parque Nacional Sierra Nevada, ocupando un total de 86.210 hectáreas; otras 86.000 corresponden al parque natural circundante. Dentro de este parque se encuentra el Observatorio de Sierra Nevada, y la estación de esquí situada más al sur de Europa, conocida por sus suaves temperaturas y abundante número de horas de Sol.



Fig. 2.5 Valle Borreguiles

En 1986, Sierra Nevada fue declarada por

la UNESCO Reserva de la Biosfera, y Parque Natural por el Parlamento de Andalucía en

1989 debido a las singularidades de flora, fauna, geomorfología y paisaje. Posteriormente, el Parlamento Autonómico de Andalucía propuso su declaración como Parque Nacional, llevada a cabo el 3 de enero de 1999.



Es el macizo montañoso de mayor altitud de toda Europa Occidental después de Los Alpes y el techo de la Península Ibérica, con el Pico Mulhacén, de 3.482 m, y el Pico del

Fig. 2.6 Flores silvestres en la nieve

(Gentiana Boryi)

Veleta, el tercero en altura con 3.392 metros, tras el Aneto en los Pirineos.

La importancia de Sierra Nevada como reserva de Biosfera se debe a que se formó durante la orogénesis Alpina en la era Terciaria.

A causa de su aislamiento y altitud, desde el fin de la Glaciación de Würm, el macizo ha quedado como refugio de innumerables plantas y endemismos impropios de las latitudes mediterráneas en las que se sitúa, contándose, según fuentes del Ministerio de Medio Ambiente de España, 66 especies vegetales vasculares endémicas y otras 80 especies animales propias del lugar.



**Fig. 2.7 Violetas de las nieves
(*Viola crassiuscula*)**

El origen del insólito número de especies endémicas presentes en el macizo ha de situarse en el fin de la Era Terciaria, hace ahora casi dos millones de años. Con el fin de esta era y la llegada del periodo cuaternario, el clima de toda Europa sufrió un progresivo enfriamiento que permitió a especies vegetales de latitudes septentrionales y árticas avanzar progresivamente hacia el sur de Europa y ocupar gran parte del interior y zonas altas de la Península Ibérica.

El fin de la Glaciación de Würm y la llegada del periodo Holoceno marcó el comienzo de un progresivo aumento de temperaturas, y estas especies nórdicas encontraron refugio en las alturas de Sierra Nevada, *acantonándose* en el macizo y



Fig. 2.8 Cabra montesa en la cumbre del Veleta

adaptándose progresivamente a las características propias del clima de la zona, como su sequía estival. Así, muchas especies han desarrollado características propias o incluso han evolucionado de forma independiente a causa de su aislamiento, contándose por ello un número mayor de endemismos en el macizo que los existentes en países como Bélgica, Alemania, Austria, Gran Bretaña, Suecia, Dinamarca, República Checa, Eslovaquia y Polonia en conjunto.

1.3.- SIERRA NEVADA COMO ESTACIÓN DE ESQUÍ

La estación de esquí de Sierra Nevada está localizada en Pradollano en el término municipal de Monachil. Está situada a tan solo 25 minutos de Granada. Se accede a ella a través de la carretera más alta de Europa.



Fig. 2.9 Estación de Esquí de Sierra Nevada

Las actividades tradicionales en los alrededores de Sierra Nevada eran la agricultura y la ganadería, que fueron remitiendo en los últimos dos siglos a favor del turismo.

A finales del siglo XIX, el escritor granadino Ángel Ganivet, cónsul de España en Helsinki, en sus "Cartas" a un diario granadino, comentaba la idea de crear en Sierra Nevada la Finlandia andaluza, fomentando así el nacimiento de los deportes de nieve en las cumbres de Granada.

De hecho, su tradición se remonta a 1.898, con el nacimiento de la sociedad "Diez Amigos Limited", siendo en 1.912 cuando se convierten en la Sociedad Sierra Nevada, tercer club más antiguo de España y pionero en Andalucía. Trabajaban por el desarrollo turístico y deportivo de la estación e impulsaron la construcción del primer albergue en el macizo montañoso granadino, en la Hoya de la Mora.

A partir de los años 20 del siglo XX, la carretera entre Granada y la sierra se empieza a llenar ya que para los granadinos la sierra, y por ende el esquí, comienza a ser una alternativa de ocio.

En 1964 nace Centros Turísticos S.A. (CETURSA), que se convierte en la empresa de gestión de la Estación de Esquí, iniciándose así el desarrollo turístico de Sierra Nevada.



Fig. 2.10 Primeras retenciones en la carretera a Sierra Nevada

Con el paso del tiempo, la estación de esquí va creciendo en popularidad y prestigio. El elevado número de horas de sol y buenas temperaturas, incluso en



invierno, atraen a los seguidores de los deportes de invierno.

La celebración en 1996 de los Campeonatos del Mundo, sitúa finalmente a Sierra Nevada entre las

pistas de esquí más importantes de Europa.

Fig. 2.11 Snowboard en Sierra Nevada

1.3.1.- Pistas y Remontes

Sierra Nevada cuenta con más de 3,5 millones de m² esquiables, o lo que es lo mismo, 103 pistas de esquí de todos los niveles.



Fig. 2.12 Señalización de pistas en la estación de Sierra Nevada

Para llegar a la zona de esquí en la Estación de Sierra Nevada, existen los remontes. Estos se dividen en telecabina, telesilla y telearrastre. Gracias a ellos, los esquiadores pueden llegar desde Pradollano, el centro neurálgico de Sierra Nevada, hasta las distintas pistas por las que deslizarse sobre la nieve.

TIPO DE REMONTE	UNIDADES	PASAJEROS/HORA
telecabina	2	6.200
telesilla	15	30.520



telearraastre	2	4.655
---------------	---	-------

Fig. 2.13 Clasificación de remotes en Sierra Nevada



Fig. 2.14 Plano de Pistas y remontes de Sierra Nevada

Desde Pradollano, base de la estación, se puede tomar alguna de las dos telecabinas existentes. Están la *Borrequiles* y la *Al-Andalus*. La primera de ellas tiene capacidad para ocho personas y tarda poco más de 7 minutos en llegar al punto de concentración de la Estación, Borrequiles. La segunda de ellas tiene mayor capacidad, para 14 personas, pero prolonga su camino durante un minuto más para llegar a la misma zona. Estas dos telecabinas son utilizadas por entre 2.300 y 3.600 personas por hora, siendo los que mayor número de gente arrastran debido a su mayor capacidad con respecto a los otros remontes existentes en la Estación de Esquí.

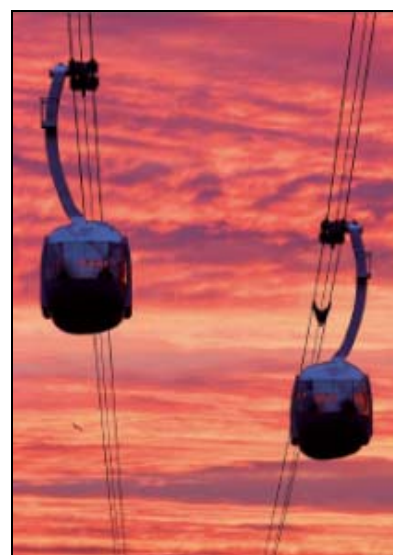


Fig. 2.15 Telecabina Borrequiles

Desde Pradollano salen también dos telesillas, *Parador I* y *Jara*. El primero de ellos es solo para dos personas (es el menor de su clase) y tarda ocho minutos en llegar a Parador, desde donde sale otro (el *Virgen de las Nieves*, de seis plazas) que llega hasta Valle de San Juan; el segundo es para cuatro personas y tarda tres minutos y medio en alcanzar la Loma de Dílar, desde donde se pueden coger otras telesillas (*Montebajo*, de tres plazas, que va a Borreguiles; y *Monachil*, de cuatro, que llega hasta Laguna de las Yeguas).

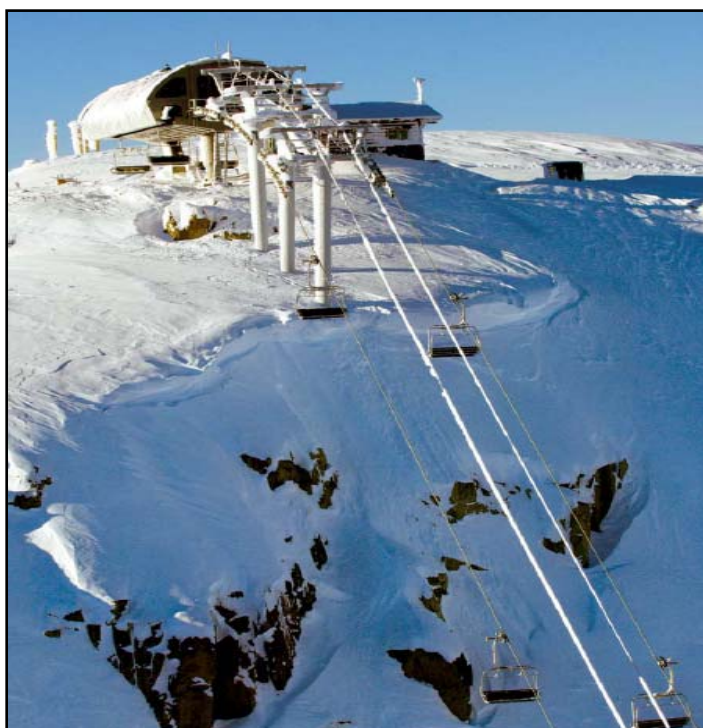


Fig. 2.16 Telesilla Laguna

Desde Río Monachil salen dos, *Sabika*, que para en Borreguiles, y *Stadium*, que llega a la zona Veleta. Desde Borreguiles, salen los *Veleta* y *Veleta II*, que llegan hasta la zona cercana al pico, mientras que el *Emile Allais* (que sufrió recientemente un accidente causando heridos) y el *Borreguiles I*, ambos de cuatro plazas, alcanzan Laguna de las Yeguas,

donde se encuentran varias de las pistas de esquí de dificultad. Desde este último

punto es desde donde se puede alcanzar la cima del Veleta (3.398 metros), primero cogiendo el telesilla *Dílar*, de cuatro plazas, y posteriormente el *Laguna*, también de cuatro plazas, y que tarda siete minutos y medio en llegar al segundo pico más elevado de la Península Ibérica, por detrás de su vecino, el Mulhacén.

Por último, están los telearrastres, dos en total. Uno de ellos es el de *Borreguiles II*, que une Borreguiles con zonas comunes de Loma de Dílar y Laguna de las Yeguas. El otro, el *Zayas*, está en la zona Veleta, se puede coger al bajar del telesilla *Veleta II*, y llega también hasta prácticamente la cima del pico. Estos telearrastres son solo para uso de dos personas.



Fig. 2.17 Telearrastre Borreguiles II

Todos estos remontes permiten el desplazamiento por la Estación de Esquí de Sierra Nevada de más de 41.000 personas por hora.

Entre todos los remontes, el que es objeto de nuestro interés es el telesilla Dílar, ubicado entre las lomas Dílar y La Laguna, que presenta las siguientes características:



Fig. 2.18 Localización del telesilla Dílar



Fig. 2.19 Detalle del plano de pistas. Telesilla Dilar

TELESILLA DÍLAR	
Tipo de remonte	Telesilla
Dificultad	Roja
Caudal	2.400 personas / hora
Número de vehículos	133
Plazas por vehículo	4
Tiempo de subida	7 minutos
Desnivel	256 m
Longitud	890 m
Velocidad	2,3 m / s
Desembragable	No
Zonas de acceso	Laguna de las Yeguas Borreguiles Loma Dilar

Fig. 2.20 Tabla de características del telesilla Dilar

2.- ANTECEDENTES

El telesilla objeto de estudio de este proyecto aparece en sustitución del antiguo telesilla Dílar. Este remonte fue el primero construido en la estación de esquí de Sierra Nevada, en 1978 y en los últimos años constituía el único medio por

el cual los esquiadores podían salir de la zona de la Laguna, lo que ocasionaba grandes colas al no ser capaz de satisfacer la demanda.

Por su parte, la instalación no cumplía con los requisitos de seguridad necesarios aprobados en la nueva Normativa en lo referente al transporte de viajeros.



Fig. 2.21 Imagen del antiguo telesilla

3.- EL NUEVO TELESILLA DÍLAR

3.1.- JUSTIFICACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DEL DÍLAR

La mayoría de las instalaciones de transporte por cable de Andalucía se concentran en la estación de esquí de Sierra Nevada. A continuación se presenta un estudio de la evolución en la cobertura de los mismos.

En el siguiente gráfico se muestra la tendencia en la cantidad de viajeros transportados de los distintos remontes entre los años 1988 y 2007, de acuerdo con los datos facilitados por la Junta de Andalucía.

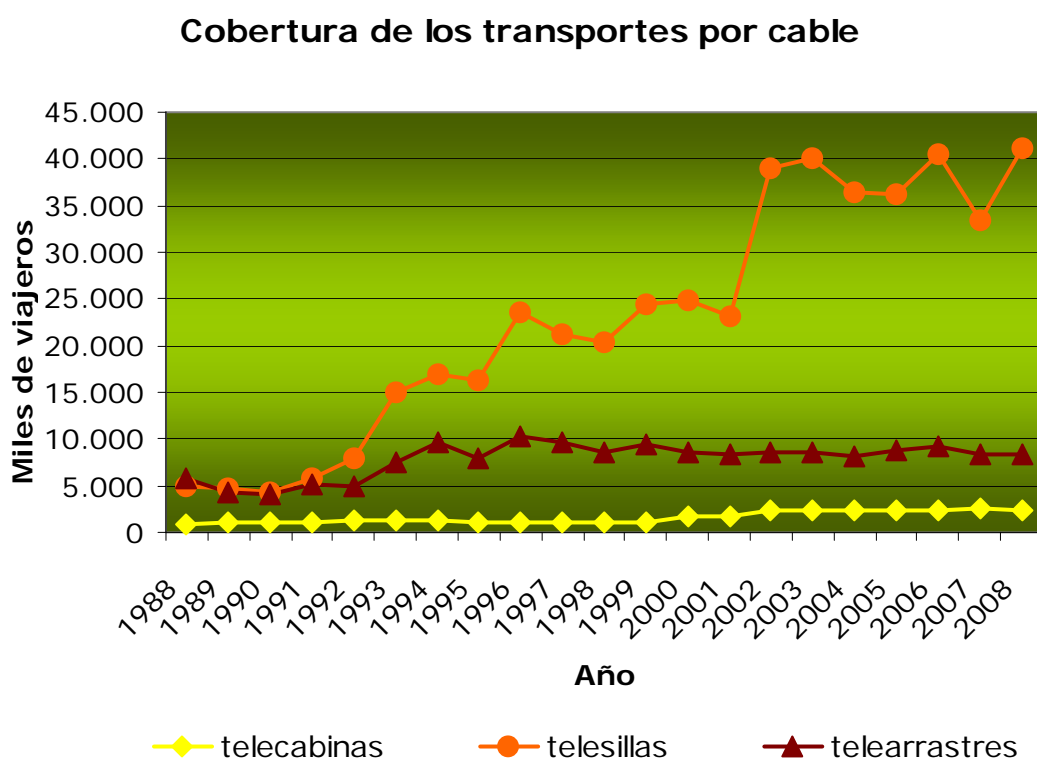


Fig. 2.22 Número de viajeros transportados a lo largo de los años

Como se puede observar, los telesillas son el tipo de remonte que mayor crecimiento ha experimentado en lo que a viajeros transportados se refiere.

Esto se debe a que implican menores tiempos de acomodo por parte de los pasajeros que las telecabinas, presentan mayor seguridad que los telearrastres, y su desarrollo en los últimos tiempos ha supuesto una mejoría en sus prestaciones que los sitúa a la cabeza de los sistemas de transporte por cable con fines deportivos.

Si se tiene en cuenta que con la construcción de un nuevo remonte se pretendía, entre otras cosas, descongestionar las pistas en las que con el incremento de turistas eran frecuentes las aglomeraciones, un telesilla resultaba la solución adecuada a tal fin, frente a la ofrecida por cualquier otra instalación.

Por otra parte, los datos económicos relativos a los transportes por cable determinan una recaudación creciente. Esta tendencia se debe en un primer término a la implantación progresiva de remotes, y lo que es más importante, se mantiene, porque dicha implantación va por detrás de la demanda. Esto es, el flujo de viajeros es tan importante, que a medida que se habilitan nuevas instalaciones, la ocupación y actividad de las mismas son plenas.

De entre todos los remotes analizados en Andalucía, el de mayores cifras de recaudación es el telesilla. Esto es así, por ser mayoría frente a telecabinas o telesquíes y por la gran capacidad de pasajeros que son capaces de transportar.

Puede verse mejor si se analizan únicamente los resultados de la última temporada de la que se han registrado datos.

Porcentajes de recaudación: año 2008

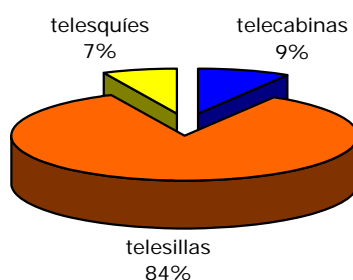


Fig. 2.23 Diagrama sectorial de las recaudaciones de los remotes



Se concluye por tanto, que a nivel económico, la construcción de un telesilla constituye una garantía de la pronta recuperación de la inversión inicial, que en el caso del Dílar ascendía a los 3.700.000 €.

3.2.- DISEÑO DEL TELESILLA

El nuevo remonte debía ser técnicamente más moderno y con una capacidad de transporte mayor.

Además de mejores prestaciones, se planteó un nuevo recorrido para evitar los habituales colapsos en las pistas de Borreguiles y El Río. De este modo se proyectó un telesilla que conectase el área de La Laguna con Monte Bajo sin tener que pasar por Borreguiles o regresar a Pradollano.

3.2.1.- El problema del Parque Nacional

El nuevo telesilla está concebido para recorrer una distancia mayor que el antiguo.



La dificultad que se planteó en las primeras fases de diseño, fue que un trazado rectilíneo, como lo es habitualmente el de los telesillas, habría hecho necesario construir un tramo sobre territorio considerado Parque Nacional, contraviniendo la *Ley 3/99*, de 11 de enero de 1999 que prohíbe construir en estos terrenos.

El mapa que se muestra en la página siguiente representa los territorios considerados parte del Parque Nacional de Sierra Nevada. Como se puede observar en el detalle, el enclave de la estación de esquí queda rodeado por las lindes del Parque.

Fig. 2.24 <<Se rechazó la solución de un trazado rectilíneo>>

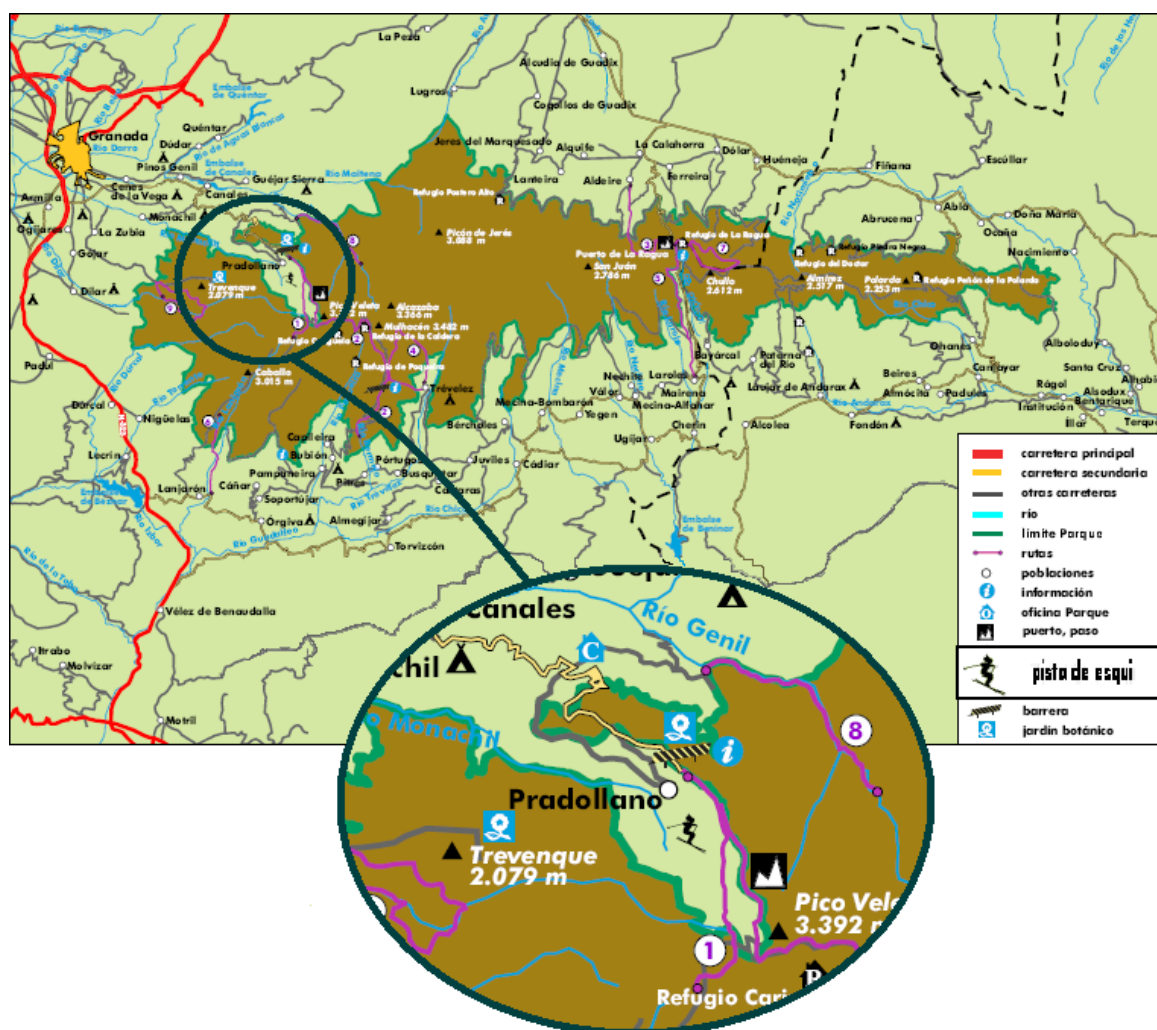


Fig. 2.25 Extensión del Parque Nacional de Sierra Nevada

En la siguiente imagen se muestra el punto de conflicto por el que el telesilla, de ser rectilíneo, hubiera invadido el territorio del Parque Nacional.

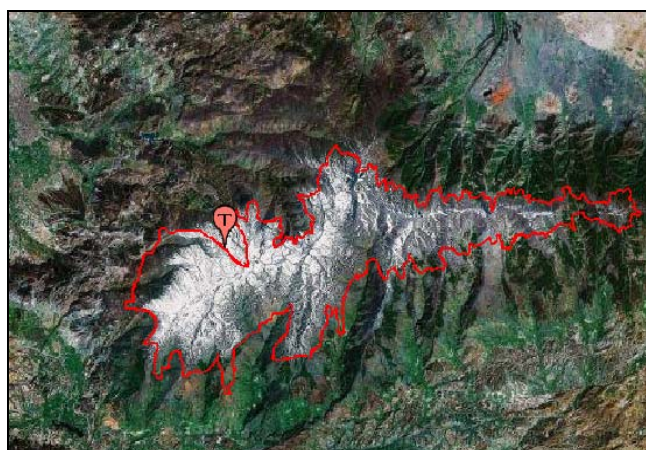


Fig. 2.26 Lindes del Parque Nacional de Sierra

La solución adoptada por el equipo técnico fue realizar un trazado curvo, que asciende de derecha a izquierda desde la estación motriz, bordeando la zona protegida.



Fig. 2.27 Situación del telesilla respecto del Parque

La proximidad es máxima en la zona de la curva, donde de hecho, fue necesario desviar el descenso de las sillas vacías, para lo que se emplearon dos volantes.

En el esquema de la página siguiente se muestra el recorrido que realiza el Dilar.

Las sillas suben en carga y viajan en paralelo con la línea de descenso en vacío de las mismas, hasta la sexta piona, en la que cada flujo transcurre a una altura distinta.

La diferencia de alturas se debe a que la proximidad de los territorios del Parque Nacional imposibilitó colocar una piona en la parte interior de la curva. Esa es la razón por la que el trayecto en vacío se desvía gracias a los volantes hacia la parte externa.

Pasada la curva, el ascenso de las sillas en carga se produce de nuevo en paralelo al descenso de las vacías.

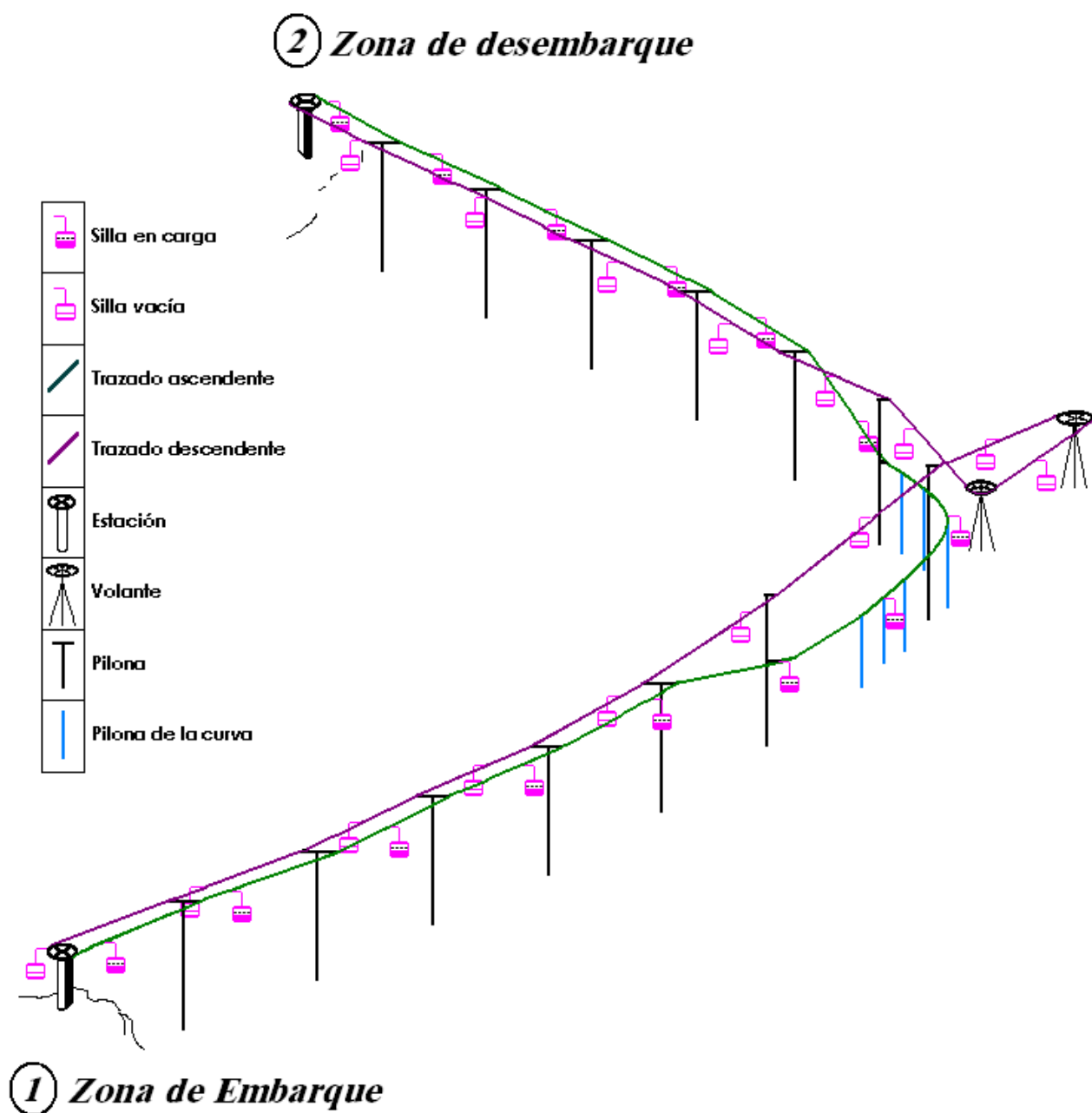


Fig 2.28 Esquema del telesilla Dílar

El hecho de plantear un trazado curvo, supone la implantación de un mayor número de pilonas en la zona de giro. Este telesilla está levantado sobre 19 torres. Por su parte, para evitar riesgos y mantener las distancias de seguridad exigidas en la Normativa EN 12929-1, se establecieron dos alturas distintas para el tendido de ascenso y el de retorno.



Fig. 2.29 Detalle de la curva

El cable de regreso de las sillas en vacío es elevado por enormes pilonas para permitir este cruce sin choques. La altura media de estas pilonas es de 16m, determinada en el estudio topográfico, en el que se tiene en cuenta el espesor de la nieve, que en esta zona oscila entre los 0,2 y 0,7 m. En las siguientes fotografías se muestra el recorrido de las sillas en la zona curva del trazado.



Figs. 2.30 / 2.31 Curva del telesilla Dilar

Para realizar correctamente el desvío de las sillas en su recorrido descendente y evitar el encuentro con las de subida, se disponen los volantes rojos que se pueden observar en las siguientes fotografías a lo largo de la curva.



Figs. 2.32 /2.33 Volantes

Así mismo, a fin de que la circulación en la curva sea fluida, y para facilitar el trabajo al motor, los balancines de esta parte del trazado son distintos, alternan poleas horizontales con verticales.

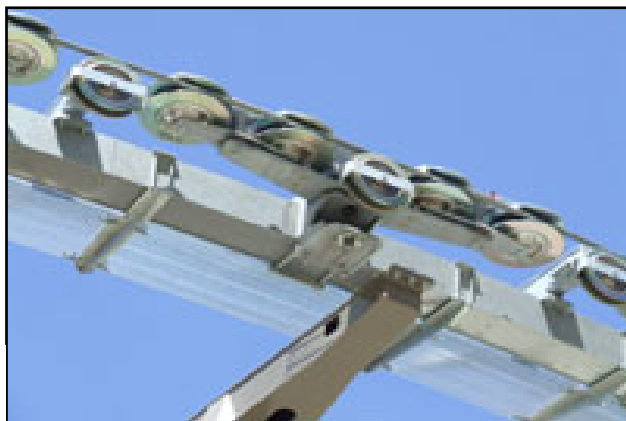


Fig. 2.34 Poleas de los balancines

Figs. 2.35 / 2.36 Balancines en la



La estación inferior o motriz está situada detrás del telesilla desembagable de La Laguna y la superior en Monte Bajo, donde acaba el arrastre de La Visera, junto al radiotelescopio. El recorrido es de 890 metros de longitud y el desnivel de 256 metros.



Fig. 2.37 Estación motriz

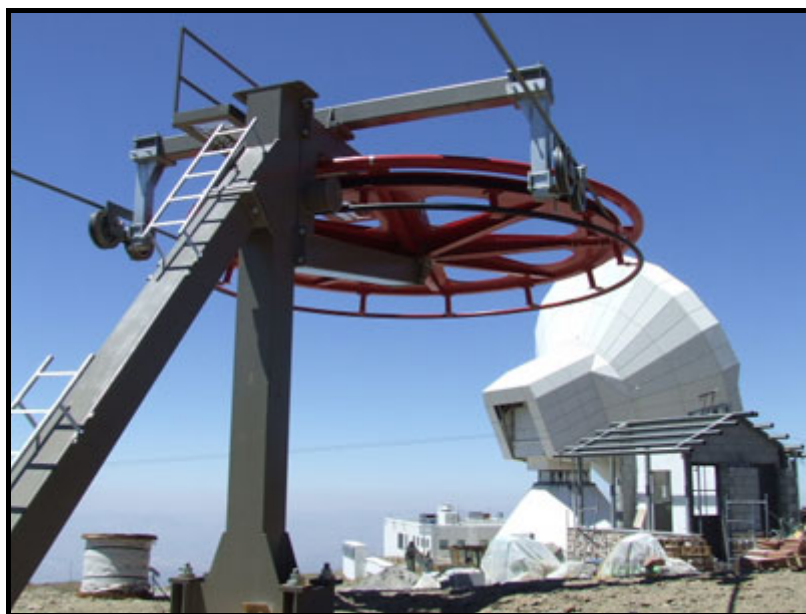


Fig. 2.38 Estación superior

De este modo, el telesilla Dilar se convierte en el primero en España cuyo trazado no es completamente recto. Existía un precedente en Schröns (Austria), pero mientras que los vehículos del austriaco son biplaza, las sillas del granadino fueron proyectadas para cuatro pasajeros. Esta instalación puede desplazar hasta 2400 personas a la hora ya que alcanza una velocidad de 2,3 m/s.

La inversión inicial ascendió a 3,7 millones de euros y las obras se realizaron en el verano de 2006 permitiendo la apertura al público en la temporada 2006-2007.

4.- MONTAJE DEL TELESILLA DÍLAR

El respeto al medio ambiente estuvo presente en el proyecto de instalación del remonte del Dílar desde el principio. Por ello, no sólo influyó en el diseño, sino que también la construcción y montaje se plantaron de la forma menos agresiva posible con el entorno.

En España, los montajes de este tipo se realizaban a base de abrir carriles en las laderas de los montes, hasta los puntos donde se instalaban las pilonas. Esto producía, como es lógico, una gran destrucción de laderas, y una alteración del paisaje que ha sido muy criticada desde siempre por su gran impacto medioambiental y visual, sobre todo en una zona con las características de la alta montaña de Sierra Nevada, que al carecer de vegetación frondosa que tape los destrozos, dejaba a la vista durante años los caminos de acceso a los lugares donde se localizan las pilonas de los remontes.

Por esos carriles, se introducían grandes camiones que transportaban las pilonas y las torres hasta los lugares donde previamente se habían colocado los cimientos, y enormes grúas de gran tonelaje colocaban las pilonas en los lugares designados por el proyectista. Como se puede suponer, el impacto medioambiental era enorme. Carriles surcando las laderas del Veleta, varios días de trabajo e idas y venidas de vehículos de gran tamaño constituían la parafernalia habitual del montaje de los remontes de Sierra Nevada.

Sin embargo, para la instalación de este telesilla, se recurrió a la técnica de montaje empleada en los Alpes y en algunas zonas de Estados Unidos. Este montaje implica el uso de un helicóptero especializado. La instalación de un telesilla, se convierte así en un proceso que dura tan sólo unas horas de intensa actividad.



Fig. 2.39 Helicóptero encargado de las tareas de montaje

Este tipo de montaje requiere de personal especializado y supone costes elevados.



Fig. 2.40 Transporte de una torre

Así mismo, las ventajas de este modo de instalar los remotes son obvias. Por una parte, se reduce el tiempo de montaje, y por otra, el impacto ambiental es mucho menor.



Fig. 2.41 Operarios de la cuadrilla aérea



ÍNDICE

1.-	REQUISITOS GENERALES DE SEGURIDAD	3
1.1.-	Estudio de seguridad	7
1.1.1.-	Vida útil del proyecto	7
1.1.2.-	Condiciones normales	7
1.1.3.-	Condiciones de riesgo	7
2.-	TRAZADO Y PERFIL DE LA LÍNEA	11
2.1.-	TRAZADO DEL TELESILLA:	12
2.1.1.-	Longitud de los vanos	12
2.1.2.-	Dimensionamiento del cable	13
2.1.3.-	Tendido del cable	13
3.-	ESPACIO ENVOLVENTE	15
4.-	GÁLIBO LIBRE. DISTANCIAS DE SEGURIDAD	15
4.1.-	Desviación lateral de los cables	16
4.1.1.-	Gálibo transversal en los soportes de línea y en los accesos a estaciones	16
4.2.-	Desviación vertical de los cables	17
4.3.-	Oscilación lateral de los vehículos	17
4.4.-	Oscilación longitudinal de los vehículos	18
4.5.-	Zonas de manos, pies y esquíes	18
4.6.-	Distancia de seguridad respecto de otras partes del telesilla	19
4.7.-	Distancia de seguridad respecto del terreno y de los objetos que no forman parte del telesilla	20
4.8.-	Altura de sobrevuelo	21
5.-	VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO E INTERVALO	22
5.1.1.-	Intervalo y espaciamiento mínimos	23
6.-	TIPOS DE MANDO	24
6.1.-	Funciones de seguridad y dispositivos de mando	24
6.2.-	Puesto de mando y otros puestos de conducción	25
7.-	ACCIONAMIENTOS	26
7.1.-	Accionamiento principal.	26
7.2.-	Accionamiento auxiliar	27
7.3.-	Accionamiento de socorro y de evacuación	27
7.4.-	Funciones y dispositivos de seguridad para los accionamientos.	28
7.4.1.-	Vigilancia del valor real, del sentido de marcha y de la parada	28
7.4.2.-	Vigilancia de la velocidad en línea	29
7.4.3.-	Vigilancia de la deceleración	29
7.4.4.-	Otras funciones y dispositivos de seguridad	30



8.-	PARADA DEL REMONTE MECÁNICO	31
8.1.-	Parada normal	31
8.2.-	Parada eléctrica; parada de emergencia con el motor principal	31
8.3.-	Parada de emergencia con el freno de servicio	32
8.4.-	Parada de emergencia con el freno de seguridad	32
9.-	SISTEMAS DE FRENO	33
9.1.-	Frenos en la estación motriz	33
9.1.1.-	Freno de servicio	33
9.1.2.-	Freno de emergencia	34
10.-	VÍAS DE CIRCULACIÓN Y ZONAS DE TRABAJO	35
10.1.-	Área de embarque	37
10.2.-	Área de desembarque	39
11.-	CONCLUSIONES:	41

CAPÍTULO 3 – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.- REQUISITOS GENERALES DE SEGURIDAD

Los requisitos de seguridad constituyen una exigencia fundamental para el diseño, la construcción, el montaje, el mantenimiento y la explotación de las instalaciones por cable destinadas al transporte de personas.

En este capítulo se elabora un estudio de los requisitos de seguridad que han sido aplicados a la instalación. Para ello, se comprueba que el telesilla Dílar cumple con la reglamentación establecida.

El estudio se realiza siguiendo el Pliego de Condiciones Técnicas para la Construcción y Explotación de las Instalaciones de Teleféricos y Funiculares Para Transporte de Viajeros aprobado por la Orden Ministerial de 14 de enero de 1998.

Así mismo, el citado pliego recoge que en todas las cuestiones contempladas en él en las que no se mencionan de modo expreso normas de cálculos, de características o de ensayos de elementos o materiales, se tome como referencia, en lo que procede, la siguiente normativa:



Fig. 3.1 Detalle de pieza con el distintivo CE

- 1. Las disposiciones, instrucciones y normas vigentes sobre construcción, materiales, instalaciones electrotécnicas, ensayos y recepción de cables de acero y otros elementos utilizados en la construcción de instalaciones de transporte por cable.
- 2. Las Normas del UNE_EN.
- 4. Las recomendaciones de la OITAF.
- 5. La normativa para transporte por cable y las normas sobre elementos o materiales (DIN, AENOR, AFNOR, etc.) dictadas en el país del constructor de la instalación.

Por este motivo, en este capítulo las alusiones a Normas Europeas UNE-EN 12929 del año 2006 referente a los Requisitos Generales de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas, que sustituye a la Norma UNE-EN 12929 de octubre de 2004, son constantes.

Esta Norma Europea forma parte del programa aprobado por el Consejo Técnico del CEN relativo a los requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Los miembros del CEN, entre los que se encuentra España, están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC, que obliga al cumplimiento de las disposiciones recogidas en el mismo.

Todo lo dispuesto está de acuerdo con el Real Decreto 596/2002, de 28 de junio, por el que se regulan los requisitos que deben cumplirse para la proyección, construcción, puesta en servicio y explotación de las instalaciones de transporte de personas por cable.

Este Real Decreto traspone la Directiva 2000/9/CE, de 20 de marzo y es de conformidad con las leyes 21/1992, de 16 de julio y 16/1987, de 30 de julio.

La siguiente tabla recoge todos los puntos analizados en el estudio de seguridad de la instalación y la normativa utilizada para tal efecto:

PARTE DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD	NORMA UNE_EN UTILIZADA
Vida útil de la instalación y Condiciones de seguridad	12929_1: 2006 13223 : 2006 13107 : 2006
Trazado y perfil de línea	12929_1: 2006 1909: 2005
Espacio envolvente	12929_1: 2006 13796-1: 2007
Desviaciones y oscilaciones de los cables	12929_1: 2006 12930 : 2005 13223 : 2006 13107 : 2006 12385 : 2004 12927 : 2005
Zonas de manos, pies y esquís	12929_1: 2006 13796-1: 2007
Distancias de seguridad	12929_1: 2006 13796-1: 2007
Altura de sobrevuelo	12929_1: 2006 13796-1: 2007
Velocidad de funcionamiento	12929_1: 2006 12397: 2006
Intervalo de los vehículos	12929_1: 2006 13796-1: 2007



Tipos de mando	12929_1: 2006 13223 : 2006 13243 : 2006
Accionamientos	12929_1: 2006 13223 : 2006 13243 : 2006
Parada del remonte	12929_1: 2006 13223 : 2006 13243 : 2006
Sistemas de freno	12929_1: 2006 13223 : 2006 12930 : 2005 13107: 2006
Vías de circulación y zonas de trabajo	12929_1: 2006 12397 : 2006

Fig. 3.2. Normativa utilizada en el estudio de seguridad

1.1.- ESTUDIO DE SEGURIDAD

1.1.1.- Vida útil del proyecto

Según la Norma UNE-EN 13107:2006 que hace referencia a las Obras de ingeniería civil, considerando como tal al periodo en el que la estructura puede utilizarse según lo previsto sin necesidad de efectuar reparaciones importantes.

Por tratarse en Telesilla Dilar de una instalación monocable, su vida útil será de 30 años.

1.1.2.- Condiciones normales

Se consideran condiciones normales de explotación las que se desarrollan cuando, de manera simultánea:

- La instalación está en condiciones de funcionar y el personal necesario en su puesto.
- Las condiciones meteorológicas, de visibilidad y otras influencias exteriores no obligan a adoptar ninguna precaución particular.
- La comodidad de los pasajeros está asegurada.
- El accionamiento utilizado es el principal.

1.1.3.- Condiciones de riesgo

Los acontecimientos que pueden entrañar situaciones de peligrosas son:

- Fallo de un componente de la instalación.
- Rotura del equilibrio funcional entre los constituyentes de la instalación o entre los constituyentes y su entorno.

- Comportamiento inadecuado de las personas (pasajeros, personal o terceros).
- Acontecimientos exteriores previsibles.

Para evitar estos fallos, y de acuerdo con la Norma UNE-EN_12929:1 referente a los Requisitos aplicables a todas las instalaciones de transporte por cable, se tienen en cuenta las siguientes situaciones en cada parte del proyecto que se ve afectada por alguna de ellas tomando las medidas necesarias para la detección y prevención de posibles fallos motivados por las mismas.

Así mismo, se debe tener en consideración el posible efecto en cadena que puede desencadenar una incidencia.

1.1.3.1.- Situaciones peligrosas

Las situaciones concretas que se tienen en cuenta al realizar el diseño del telesilla Dilar son:

- Descarrilamiento de cables.
- Bloqueo de componentes mecánicos o enganchado a un elemento de la instalación que impidan el libre movimiento de los cables en su funcionamiento.
- Degradación o fallo de los sistemas de accionamiento o frenado, así como de los elementos de apoyo o guiado de cables por desgaste, calentamiento, corrosión o fatiga.
- Fallo de los sistemas de accionamiento o frenado, de los elementos de apoyo o guiado de cables, así como de otros dispositivos mecánicos de estaciones o de línea, como consecuencia de un dimensionado incorrecto.
- Disminución de la transmisión de fuerza de la polea motriz al cable tractor, portador-tractor o de remolque.

- Cambio brusco del par de accionamiento por encima de los valores característicos de la instalación.



Fig. 3.3 Peligro

- Variación inadmisible de la fuerza de tensión en los cables en movimiento
 - Llegada a las posiciones extremas de los sistemas de tensión.
 - Disminución de las fuerzas de rozamiento del sistema de frenado.
-
- Enganchado o caída de vehículos en los soportes de la línea o de las estaciones.
 - Colisión de vehículos entre sí o con algún obstáculo a la entrada, a la salida o durante el paso por estaciones.
 - Exceso de la velocidad máxima de marcha admisible.
 - Arranque involuntario de la instalación.
 - Peligros para personas que puedan presentar los dispositivos mecánicos en las zonas de circulación y de trabajo.
 - Espaciado inadmisible entre vehículos.
 - Funcionamiento en condiciones climáticas desfavorables (viento, hielo, escarcha o lluvia).
 - Puesta en marcha inadvertida.
 - Sobrepaso de la zona de desembarque por vehículos ocupados.

Por otra parte, también se tienen en cuenta los requisitos relativos a la seguridad de los trabajadores, de manera que la explotación y la ejecución de los trabajos de mantenimiento sean posibles sin que el personal corra riesgos.



Fig. 3.4 Operario realizando tareas de mantenimiento

Para ello, el diseño se realiza de tal manera que las intervenciones de mantenimiento indispensables sean las menos posibles, especialmente las que conllevan efectuar trabajos manuales.

Se evita que se presenten zonas de riesgo para los operarios tanto en las instalaciones mecánicas como en los vehículos en las zonas de circulación y de trabajo colocando resguardos.

2.- TRAZADO Y PERFIL DE LA LÍNEA

Para la elección del sistema de remonte mecánico, se tienen en cuenta, como determinan el Pliego de Condiciones y la Norma UNE-EN_12929:

- Las características del terreno sobrevolado por la instalación, especialmente en relación con las posibilidades de evacuación de los pasajeros.
- Las condiciones geológicas e hidrogeológicas del terreno.
- Los riesgos naturales del entorno.

Se realiza un estudio topográfico para analizar estos factores. La presencia del Parque Nacional resulta determinante en lo que a la designación del trazado se refiere ya que obliga a realizar un diseño en curva para bordearlo.

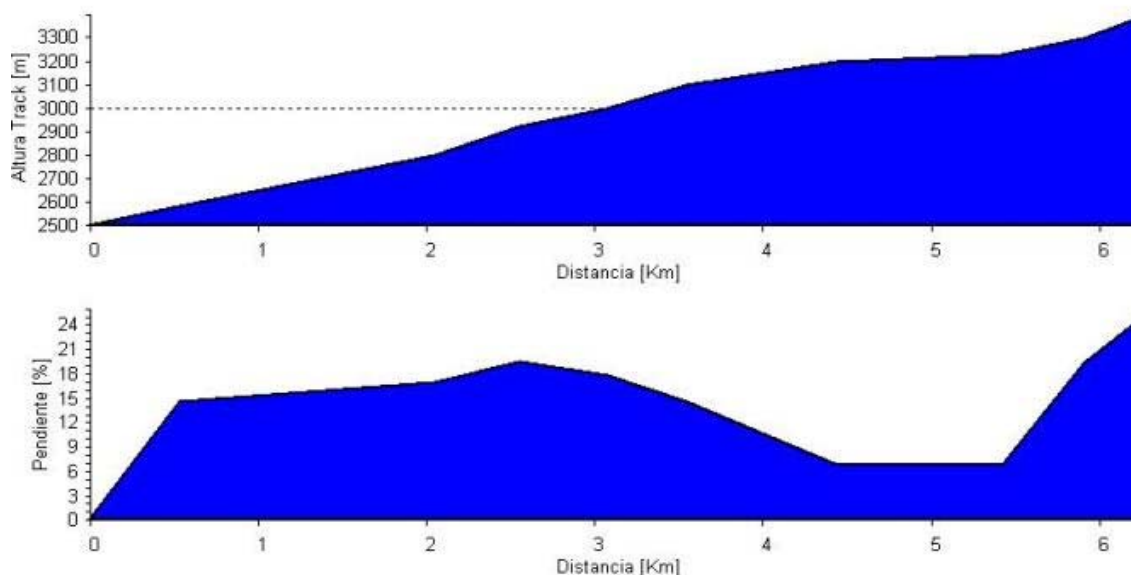


Fig 3.5 Perfil topográfico del Veleta

2.1.- TRAZADO DEL TELESILLA:

El eje del trazado de los telesillas suele ser rectilíneo, no así en el caso del Dilar. Para obtener la desviación del eje se admiten, como dicta la normativa, desviaciones de los cables en el plano horizontal en las siguientes condiciones sin tener en cuenta la influencia del viento y los efectos dinámicos:

- a) la fuerza horizontal resultante de la desviación y de la fuerza de tensión del cable es menor en todos los casos de carga al 10% de la fuerza de apoyo vertical del cable.
- b) por tratarse de un remonte monocable el ángulo formado a la entrada del volante por el cable portador-tractor y el plano diametral del tren de rodillos no alcanza los 0,005 rad.



Fig 3.6 Detalle del tendido del cable

2.1.1.- Longitud de los vanos

La longitud de los vanos y su reparto son elegidos de manera que no influyan desfavorablemente sobre el comportamiento dinámico de los cables en movimiento.



2.1.2.- Dimensionamiento del cable

De acuerdo con el Pliego de Condiciones, los cables tractores, los de transporte o análogos, y los contracables deben ser de acero, de tipo flexible de cordones y, a ser posible, galvanizados y con arrollamiento de igual paso.

➤ Seguridad a la tracción.

Para la determinación del esfuerzo máximo de tracción se considerarán las siguientes cargas:

- El contrapeso (tensión de base).
- El esfuerzo debido al peso propio del cable.
- La influencia de los vehículos cargados.
- Las fuerzas de frenado y de aceleración.

Por tratarse de una instalación monocable, en el cálculo puede considerarse la carga uniformemente repartida a lo largo del cable y no es necesario considerar los efectos producidos por las fuerzas de frenado y aceleración.

El coeficiente de seguridad a la rotura por tracción debe ser superior a 4,5.

2.1.3.- Tendido del cable.

➤ Distintas condiciones del tendido de un cable.

El hilo de una instalación de transporte se ve sometido a lo largo del tiempo a diferentes condiciones de temperatura y de fuerzas externas, que modifican la curva de equilibrio de dicho hilo y las fuerzas internas de tracción que actúan sobre él. Por motivos de seguridad y de funcionamiento correcto del telesilla, los vehículos no pueden acercarse indebidamente al terreno. Asimismo, los esfuerzos internos no alcanzan un valor tan elevado que produzca deformaciones permanentes o la rotura del cable.

El tendido del hilo se hizo de tal forma que cuando se dan las condiciones más desfavorables a efectos de esfuerzos de tracción, éstos no superan el valor máximo admisible. Asimismo, cuando se dan las condiciones que producen la máxima flecha, ésta no es superior a un determinado valor, lo garantizan las distancias de seguridad entre los vehículos y el terreno u otras partes de la instalación.



Fig. 3.7 Máquina destinada al tensado del cable

3.- ESPACIO ENVOLVENTE

En la construcción del telesilla Dilar se tuvo en cuenta el espacio envolvente de la instalación para los casos “en explotación” * y “fuera de explotación” **, considerando:

- las desviaciones laterales de los cables
- las desviaciones verticales de los cables
- las oscilaciones transversales de los vehículos
- las oscilaciones longitudinales de los vehículos
- las zonas de manos, pies y esquís

*En explotación, los vehículos cargados permanecen sobre la línea.

**Fuera de explotación, los vehículos son considerados cuando permanecen sobre la línea. En este caso se consideran como no ocupados.

4.- GÁLIBO LIBRE. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

El gálibo libre de un telesilla se determina añadiendo las distancias de seguridad necesarias al espacio envolvente.

El gálibo libre de un remonte mecánico no debe interferir con otro gálibo libre, fundamentalmente con los de otro remonte mecánico, una vía de circulación o el de una línea eléctrica aérea.



Para evitar esto, en el caso del Dilar, se desarrolla el diseño de las vías de subida y bajada en dos alturas evitando el cruce de las mismas.

Fig. 3.8 Construcción a dos alturas

4.1.- DESVIACIÓN LATERAL DE LOS CABLES

Como indica el pliego de Condiciones, debe existir un espacio libre lateral mínimo de un metro entre cada uno de los obstáculos ajenos a la instalación y los vehículos o cables situados en la posición más desfavorable en un mismo plano transversal, cualquiera que sea la hipótesis de carga.

A este respecto, se tienen en cuenta la acción del viento y los efectos dinámicos. Para el cálculo de los efectos transversales del viento en el vehículo o cable, se considera una inclinación máxima de 0,2 rad (11,5 °).

Entre dos vehículos inclinados 0,2 rad hacia el interior o entre un vehículo inclinado asimismo 0,2 rad hacia el interior y un cable, debe quedar un espacio libre de 0,5 metros como mínimo.

Para la medición de esa distancia se considera uno de los ramales de cable situado en el plano vertical que pasa por su eje y el otro ramal empujado hacia aquél por el viento máximo tolerable con la instalación en funcionamiento, o con una desviación del 5 por 100 de la flecha máxima, si esta última fuese mayor.



Fig. 3.9 Silla sometida a un viento de velocidad superior a 130 km/h

4.1.1.- Gálibo transversal en los soportes de línea y en los accesos a estaciones.

Al paso por los soportes de línea y en las zonas de entrada y salida de las estaciones se considera una desviación mínima del vehículo respecto a la vertical de 0,2 rad (11,5°), valor que se incrementa con un espacio libre de 0,1 rad, con lo cual la oscilación libre mínima será de 0,3 rad (17,2°).

En las estaciones el espacio libre entre dos vehículos inclinados simultáneamente al máximo hacia el interior, es como mínimo de 0,50 metros.

➤ *Efecto del viento*

La desviación lateral de los cables bajo el efecto del viento se calcula partiendo de la hipótesis de una presión del viento ejercida sobre la cuerda del vano considerada I^* , asumiendo la presión del viento definida en la Norma UNE-EN 12930 de 200 N/m² como mínimo en explotación y 1.200 N/m² como mínimo fuera de explotación.

4.2.- DESVIACIÓN VERTICAL DE LOS CABLES

Para el cálculo de la desviación vertical extrema de los cables, se tienen en cuenta:

- la carga útil de los vehículos
- el efecto dinámico debido al arranque y frenado
- fuera de explotación, el efecto del hielo con la Norma UNE 12930.

El efecto dinámico se tiene en cuenta suponiendo las variaciones siguientes de la flecha máxima del cable, calculada en movimiento uniforme, con los vehículos eventualmente suspendidos incluyendo su carga útil más el 30% para el cable portador-tractor.

4.3.- OSCILACIÓN LATERAL DE LOS VEHÍCULOS

Los valores mínimos previstos para los ángulos de oscilación transversal de los vehículos en las estaciones y en la línea a partir de su posición de reposo son, como ya se ha indicado 0,20 rad para vehículos ocupados y 0,34 rad para vehículos vacíos, habiéndose tenido en cuenta las zonas de pies, manos y esquís correspondientes.

4.4.- OSCILACIÓN LONGITUDINAL DE LOS VEHÍCULOS

Las oscilaciones longitudinales a tener en cuenta para los vehículos de la instalación, mayor de 0,34 rad, tal como establece la Norma UNE 12929_1.

Para el caso de fallos, como por ejemplo mal funcionamiento de los frenos del accionamiento, retención de los vehículos a la salida de las estaciones, o bloqueos en las entradas o salidas de las mismas, se tuvieron en cuenta en el diseño evitándose todo choque contra cables o estructuras.

Al tratarse de un sistema de pinza fija se imposibilitaba el deslizamiento o salida de un vehículo acoplado incorrectamente, por lo que

no se hicieron necesarias disposiciones constructivas alternativas destinadas a tal efecto.

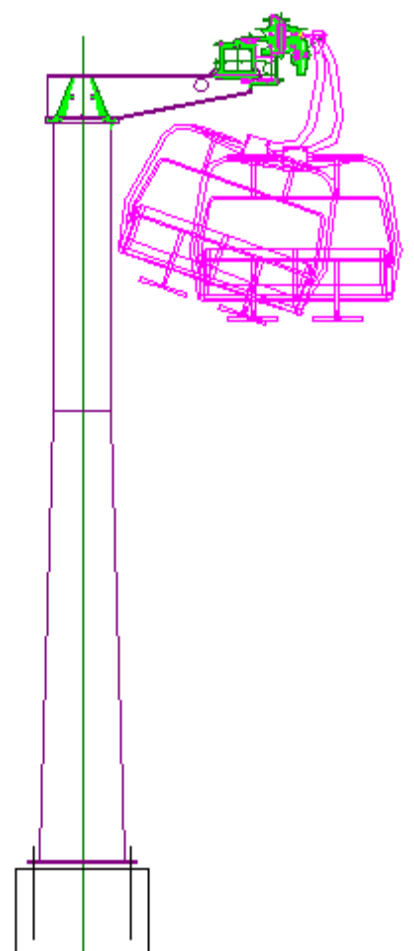


Fig 3.10 Detalle de plano.
Oscilación en la pila

4.5.- ZONAS DE MANOS, PIES Y ESQUÍES

Por tratarse de vehículos abiertos, la zona de manos y pies para cada asiento se define en forma de pirámide recta de cuatro caras cuya base está constituida por la superficie del asiento y cuya altura es de 1 m.

La zona de manos y pies es de 0,5 m en todas las direcciones a partir del contorno exterior de esta pirámide.

La zona de esquíes se encuentra en un plano paralelo a la superficie de asiento y a una distancia de 0,5 m por debajo. La longitud de la zona de esquíes se ha fijado en 1 m por delante y por detrás del plano vertical que pasa por el borde

anterior del asiento. Los bordes laterales de la zona de esquíes se encuentran en el plano vertical de los bordes laterales de la superficie de asiento.

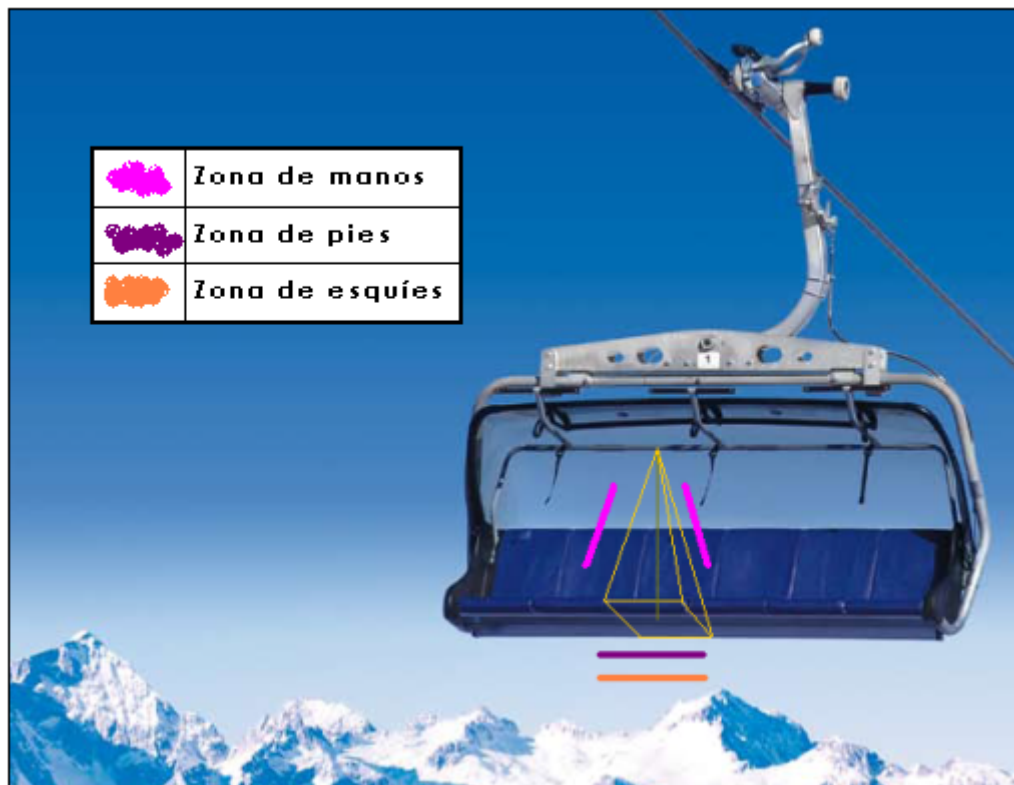


Fig 3.11 Esquema de diseño de las zonas de manos, pies y esquíes

4.6.- DISTANCIA DE SEGURIDAD RESPECTO DE OTRAS PARTES DEL TELESILLA

En la estación del telesilla se respetan las distancias laterales de seguridad recogidas en la Norma 12929_1, entre la silla vacía colgando libre y sus partes fijas, a la altura de la superficie de asiento de las sillas de:

- a) hacia el eje de la línea: 0,8 m
- b) hacia el exterior de la línea: 1,0 m



4.7.- DISTANCIA DE SEGURIDAD RESPECTO DEL TERRENO Y DE LOS OBJETOS QUE NO FORMAN PARTE DEL TELESILLA

Más allá del espacio envolvente se respetan las siguientes distancias de seguridad, considerando una oscilación transversal de los vehículos de 0,34 rad:

- a) Respecto del terreno (considerando la capa de nieve) y respecto de los objetos y estructuras fijas de acceso prohibido a personas ajenas al personal de la instalación: 1,5 m en todas las direcciones, salvo en la vertical, que sufre un incremento de 0,5 m por estar la instalación destinada al transporte de esquiadores.
- b) Respecto del terreno (considerando la capa de nieve), y respecto de los objetos y estructuras fijas, a los pueden acceder personas ajenas al personal de la instalación: 2,5 m en todas direcciones, salvo la vertical, de 3 m.
- c) Respecto de las pistas de esquíes preparadas mecánicamente y de las zonas autorizadas para las máquinas de apisonado: 4 m.
- d) Respecto del gálibo libre de las vías de circulación: 1 m.

4.8.- ALTURA DE SOBREVUELO

La altura máxima de la instalación siempre se determina teniendo en cuenta las posibilidades de evacuación.

Se calcula para el caso de carga más desfavorable del telesilla parado, habiéndose tenido en cuenta las pendientes transversales del terreno.

Al tratarse en nuestro caso de vehículos abiertos, se elige una línea con la que se obtiene una altura máxima de 15 m.



Fig 3.12 << En la altura de sobrevuelo se tiene en cuenta el espesor de la nieve>>



5.- VELOCIDAD DE FUNCIONAMIENTO E INTERVALO

A la hora de fijar la velocidad de funcionamiento de una instalación de transporte por cable deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- La seguridad frente al riesgo de descarrilamiento.
- La suavidad de funcionamiento, con especial atención al paso de los vehículos por los soportes de línea, y la ausencia de oscilaciones anormales ante cualquier circunstancia.
- El comportamiento dinámico de los cables, elementos giratorios y vehículos.
- El embragado y desembragado de las pinzas.
- La organización del embarque y desembarque.
- La comodidad de los usuarios a lo largo del recorrido.
- Que la energía mecánica acumulada en el vehículo y en los correspondientes cables pueda transformarse en calor al efectuar el frenado, sin detrimento para los frenos y sin merma de su efectividad.

La velocidad media del Telesilla Dilar es de 2,3 m/s, que es la máxima admitida en el Pliego de Condiciones para instalaciones de pinza fija destinadas al transporte de esquiadores con sillas abiertas de más de dos plazas.

En caso de incidencia, la velocidad de funcionamiento se limita automáticamente a 1,5 m/s (marcha de rescate).

5.1.1.- Intervalo y espaciamiento mínimos

El intervalo entre los vehículos es $1,5 \times (4 + n/2)$ s, siendo n el número de plazas del vehículo, por tratarse de un telesilla de pinza fija.

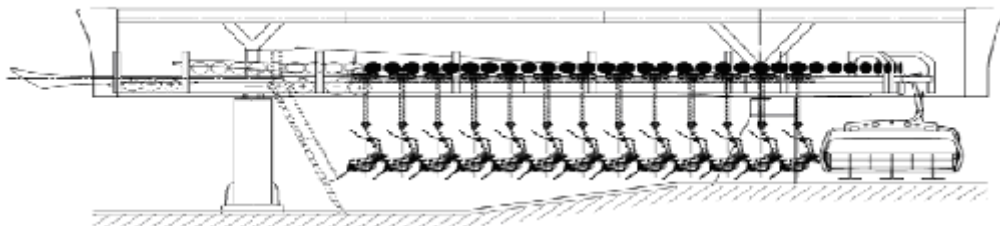


Fig. 3.13 <<Las sillas deben mantener un intervalo de separación>>

En nuestro caso:

$$\text{Intervalo entre sillas: } 1,5 \times (4 + 4/2) = 9\text{s}$$

Este resultado cumple con los requerimientos del Pliego que establecen un intervalo mínimo para instalaciones con las características del Dílar de 5 s.



6.- TIPOS DE MANDO.

El telesilla Dilar se explota desde el puesto de mando, independiente de que cuente con otros dispositivos automáticos.

La marcha se inicia y puede modificarse parcialmente:

- por el conductor desde el puesto de mando (mando desde el puesto de mando);
- por dispositivos especiales como reloj y contador de personas.

Sólo puede haber un tipo de mando operacional al mismo tiempo. En especial, la orden de marcha no debe hacerse de modo automático. La conmutación de un tipo de mando o de un tipo de marcha a otro, sólo debe hacerse con la instalación parada y en un breve espacio de tiempo.

Se considera efectiva una orden de marcha sea efectiva, si se cumplen todas las condiciones exigidas para el arranque, y especialmente:

- la instalación está parada;
- el equipo eléctrico de mando de la velocidad de marcha está en posición cero;
- el freno de servicio no está abierto;
- la instalación está dispuesta para la explotación;
- las señales de "dispuesta" necesarias están activadas.

6.1.- FUNCIONES DE SEGURIDAD Y DISPOSITIVOS DE MANDO.

La instalación del Dilar para automáticamente cuando se activa una función de seguridad o en caso de accionarse un dispositivo de parada de emergencia.



Esto ocurre en los casos de parada eléctrica, parada de emergencia con freno de servicio o parada de emergencia con freno de seguridad.

El accionamiento de un interruptor de mantenimiento:

- desencadena la parada del remonte mecánico por la acción del freno sobre la polea motriz;
- impide el reinicio de la marcha mediante la acción del freno sobre la polea motriz.

Después de activarse una función de seguridad o de que se accione una parada de emergencia, no es posible iniciar la marcha más que tras un rearme manual de vuelta al estado inicial desde el puesto de mando. En este caso, la vuelta al estado inicial:

- sólo surte efecto cuando el remonte mecánico esté parado;
- no afecta a la aptitud para el funcionamiento de la función de seguridad o al propio dispositivo de parada de emergencia.

Así mismo, el inicio de la marcha se bloquea automáticamente por interrupción del circuito de seguridad correspondiente.

En caso de producirse una avería en la fuente principal de energía, la eficacia de las funciones de seguridad no queda reducida, lo que permite poner el remonte mecánico en un estado seguro. Tampoco el accionamiento de socorro se ve afectado por una avería de ese tipo.

6.2.- PUESTO DE MANDO Y OTROS PUESTOS DE CONDUCCIÓN.

La instalación dispone de un puesto de mando. Desde el mismo se pone en marcha y se para el remonte mecánico. Todos los tipos de marcha se vigilan desde el puesto de mando.

7.- ACCIONAMIENTOS

El telesilla Dilar está equipado de acuerdo con la UNE12929_1, con un accionamiento principal uno auxiliar y uno de socorro independientes entre sí.

7.1.- ACCIONAMIENTO PRINCIPAL.

El accionamiento principal permite arrancar sin golpes y circular en ambas direcciones, independientemente de la carga. Está dimensionado para un funcionamiento continuo en el caso de carga más desfavorable y a la velocidad de marcha máxima admisible.

El mantenimiento de la velocidad de marcha preestablecida, de 2,3 m/s de acuerdo con lo establecido en el Pliego de Condiciones, queda asegurado sin exceder un $\pm 5\%$, y su regulación permanece estable para todos los casos de carga que se puedan dar en la explotación.

El motor principal de la instalación es eléctrico de corriente alterna. Si fuese necesario parar el remonte mecánico, la alimentación del mismo se interrumpe automáticamente por medio de dos circuitos redundantes en caso de parada de emergencia con el freno de servicio o con el freno de seguridad. Cuenta con un dispositivo de corte galvánico.



Fig 3.14 Punto de control en la estación motriz

La polea motriz está preparada para ser separada fácilmente del accionamiento principal y conectarse al de socorro.

7.2.- ACCIONAMIENTO AUXILIAR.

El accionamiento auxiliar del telesilla Dilar, asegura una velocidad de 1,5 m/s, superior a la mitad de la asegurada por el accionamiento principal. En las condiciones de carga más desfavorables, permite el arranque con una aceleración media de al menos 0,1 m/s².

7.3.- ACCIONAMIENTO DE SOCORRO Y DE EVACUACIÓN.

El accionamiento de socorro solamente sirve para la recuperación de los vehículos. Cuenta con todos los dispositivos de seguridad necesarios para una recuperación segura a la velocidad adecuada.

Este accionamiento, de acuerdo con la Norma UNE-EN 12929_1, cumple los siguientes requisitos:

- Puesta en marcha en menos de 15 min.
- Una falsa maniobra, como un error en el sentido de marcha, no provoca ninguna tensión inaceptable en las piezas mecánicas o las fijaciones.
- Es ser posible utilizar el accionamiento de socorro incluso en caso de avería del telemando de que dispone.

Está dimensionado para poder funcionar durante tres veces la duración máxima necesaria para la recuperación, a una velocidad de marcha, como mínimo, de 0,5 m/s.

Las instalaciones eléctricas del accionamiento de socorro y de evacuación son muy sencillas, asegurándose así su aptitud para funcionar. Los materiales eléctricos de estos accionamientos quedan separados entre sí y del accionamiento principal, de manera que no existe influencia mutua entre los diferentes accionamientos.



7.4.- FUNCIONES Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA LOS ACCIONAMIENTOS.

Para las funciones y dispositivos de seguridad, los principios de seguridad seguidos son los señalados en la norma EN 13243.

7.4.1.- Vigilancia del valor real, del sentido de marcha y de la parada.

Cada valor de velocidad real utilizada para las funciones de seguridad se vigila en todo momento por comparación con otra; la velocidad de consigna se compara con un valor de la velocidad real vigilada.

Las vigilancias de los valores reales entran en acción para una diferencia de los valores superior al 20% de la velocidad nominal, con un máximo de 0,8 m/s; y las vigilancias del valor de consigna para una diferencia superior al 10% con un máximo de 0,6 m/s.

Queda asegurado que la velocidad de marcha mínima (0,5 m/s), se alcanza en un período de tiempo predeterminado (5 s. aproximadamente) después de la orden de marcha y que no vuelve a ser inferior a este valor durante la marcha, excepto durante la marcha en pruebas.

También se vigila la correspondencia entre el sentido de marcha efectivo y el servicio de marcha deseado (vigilancia del sentido de marcha).

Esta vigilancia se puede realizar en función de la velocidad o del camino recorrido. Entra en acción para una velocidad superior a 0,3 m/s o después de un recorrido de 1m. como máximo.

En caso de que la instalación en reposo empiece a moverse sin que exista orden de marcha (con el equipo en tensión y un solo freno caído), el otro freno también se acciona, con su máxima fuerza de frenado prevista en funcionamiento normal (vigilancia en reposo).



La vigilancia de parada se realiza en función de la velocidad o del camino recorrido. Entra en acción para una velocidad superior a 0,3 m/s o después de un recorrido de 1 m como máximo.

7.4.2.- Vigilancia de la velocidad en línea

La velocidad de marcha admisible se vigila independientemente del sentido de marcha. Para ello, se han previsto dos vigilancias de velocidad independientes, la primera entra en acción si la velocidad excede del 10% y la segunda si excede del 20%. Además:

- El disparo por sobre velocidad del 10% debe actuar cuando se sobrepase en este porcentaje la velocidad máxima admisible. Esto es, a partir de los 2,53 m/s.
- El disparo por sobre velocidad del 20% debe actuar cuando se sobrepase en este porcentaje la velocidad máxima admisible, a partir de los 2,76 m/s. El disparo se realiza por medio de un dispositivo mecánico ligado al movimiento del cable.

El disparador de sobre velocidad está fijo a una polea. El disparo funciona en ambos sentidos de marcha, es ajustable y actúa con una precisión del 5% respecto a la velocidad de marcha máxima admisible. El retorno a la posición inicial una vez producido el disparo no se puede realizar de forma automática.

7.4.3.- Vigilancia de la deceleración

La vigilancia de la deceleración en el telesilla Dilar funciona en los dos sentidos de marcha efectivos, así como en caso de fallo o desequilibrio de la red eléctrica.

Así mismo, la vigilancia de la deceleración vigila el proceso de parada e impide que se sobrepase la distancia de parada máxima autorizada.

7.4.4.- Otras funciones y dispositivos de seguridad.

Además de lo expuesto anteriormente, la instalación cumple las siguientes condiciones, recogidas en la norma UNE-EN 13223:

- Los diferentes accionamientos están encalvados de manera que, en cualquier caso, únicamente se pueda poner en servicio un sólo accionamiento.
- El cambio de accionamiento acciona la parada de emergencia con freno de seguridad.
- Al iniciar la marcha se vigilan tanto la apertura del freno de servicio, como la apertura del freno de seguridad.
- Se evitan, en la medida de lo posible, las variaciones bruscas del par motor, provocadas por un defecto del accionamiento eléctrico, mediante el empleo de variadores. Existe de hecho, una vigilancia de par que actúa si se sobrepasa en un 20% el par necesario en explotación para el caso más desfavorable tanto durante el arranque como durante el régimen regular.
- Se vigila también la transmisión de esfuerzo entre el motor de accionamiento y la polea motriz.
- Están previstas situaciones peligrosas debidas a un fallo o a un desequilibrio de la red eléctrica de suministro, para lo que existe un plan de actuación.



8.- PARADA DEL REMONTE MECÁNICO

El telesilla Dilar dispone de parada con regulación vigilada de deceleración constante.

Las paradas de emergencia con freno de servicio se pueden reemplazar llegado el caso, por paradas eléctricas.

Existe siempre la posibilidad de interrumpir una parada eléctrica mediante una parada de emergencia con el freno de servicio y una parada de emergencia con enfreno de seguridad; así como una parada de emergencia con freno de servicio mediante una parada de emergencia con freno de seguridad.

8.1.- PARADA NORMAL

La parada normal queda asegurada por el motor principal. La instalación llega a detenerse sin producirse efectos dinámicos demasiado importantes ni en los cables ni en los vehículos.

8.2.- PARADA ELÉCTRICA; PARADA DE EMERGENCIA CON EL MOTOR PRINCIPAL

Cuando se produce una parada eléctrica, el telesilla frena ayudado por el motor principal, con deceleración vigilada suficiente y constante, hasta la parada total.

La parada eléctrica se inicia automáticamente cuando se interrumpe el circuito de seguridad correspondiente y se dispara manualmente desde el puesto de mando.

La deceleración en este caso no supera los 1,2 m/s².

Justo antes de la fase reglamentaria de terminación de la parada eléctrica, esto es, inmediatamente antes de la parada del telesilla, el freno de servicio entra en acción con la fuerza de frenado máxima disponible y, a continuación, se interrumpe la alimentación de energía al motor principal.

8.3.- PARADA DE EMERGENCIA CON EL FRENO DE SERVICIO.

El freno de servicio actúa automáticamente y la alimentación de energía al motor principal se interrumpe simultáneamente o inmediatamente después cuando,

- se interrumpe el circuito de seguridad correspondiente;
- se activa una parada eléctrica y dicha parada no está en condiciones de funcionar debido al modo de mando elegido (mando manual);
- la parada eléctrica está casi terminada (se ha alcanzado la velocidad mínima);
- la parada normal está casi terminada (se ha alcanzado la velocidad mínima);
- se ha alcanzado el punto de parada normal.

La parada de emergencia con freno de servicio se dispara manualmente desde el puesto de mando.

8.4.- PARADA DE EMERGENCIA CON EL FRENO DE SEGURIDAD

El freno de seguridad o de emergencia actúa automáticamente y la alimentación de energía al motor principal se interrumpe simultáneamente o inmediatamente después, cuando se interrumpe el circuito de seguridad correspondiente de acuerdo con el anexo A de la norma UNE-EN 13223.

9.- SISTEMAS DE FRENO

El diseño del sistema de frenado se realizó bajo la premisa de que la parada de los vehículos debe poderse hacer en todo momento y en las condiciones más desfavorables de carga y adherencia previstas en la explotación.

Todos los accionamientos (accionamiento principal, accionamiento auxiliar, accionamiento de socorro y accionamiento de evacuación), están equipados con dos frenos independientes entre sí.

Los frenos actúan por rozamiento y pueden ser comunes a varios accionamientos. Están dimensionados de manera que la deceleración media calculada sobre la distancia total de parada es de $0,3 \text{ m/s}^2$ por tratarse la instalación Dilar de un telesilla de pinza fija.

En condiciones normales de frenado, la deceleración media calculada para la distancia de parada no supera los $1,25 \text{ m/s}^2$, de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE- EN 13223 para remotes de las características del que es objeto de estudio.

9.1.- FRENOS EN LA ESTACIÓN MOTRIZ

Para garantizar el frenado de los vehículos, la parada en la estación motriz, queda asegurada por dos sistemas independientes el uno del otro.

9.1.1.- Freno de servicio

El freno de servicio actúa con su máxima fuerza de frenado esperable en funcionamiento cuando la polea motriz se pare o, después de transcurrido el tiempo de frenado máximo autorizado.

El disco de freno del freno de servicio está instalado directamente en el eje de entrada de la caja de cambios, entre esta y el motor eléctrico.

9.1.2.- Freno de emergencia



Fig3.15 Freno de emergencia.

El segundo sistema de frenado:

- Sustituye inmediatamente al otro en caso de que su eficacia resulte insuficiente.
- Actúa directamente sobre la polea motriz.
- Una vez accionado el freno de emergencia

por los dispositivos de seguridad, sólo se puede abrir este freno desde la sala de máquinas o desde el puesto de mando.

Los dos sistemas de frenado son capaces de parar la instalación y mantener su parada en el caso de carga más desfavorable previsto. Además, la acción de los frenos es la misma para ambos sentidos de marcha.

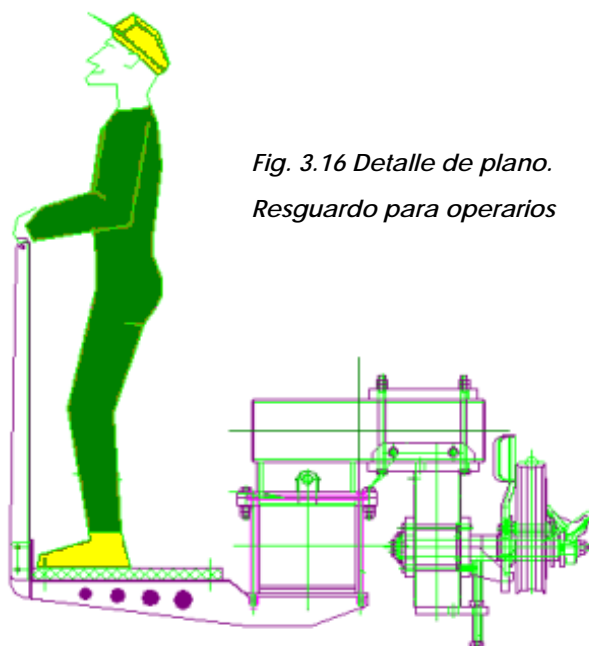
10.- VÍAS DE CIRCULACIÓN Y ZONAS DE TRABAJO

Las vías de circulación y los locales destinados a los pasajeros, así como las vías de circulación del personal y los locales técnicos deben estar acondicionados de una manera funcional.

El puesto del cable (local de mando) y los demás locales en los que el personal permanece para la conducción tanto temporal como permanente del telesilla o la vigilancia de la explotación, están dispuestos de manera que permiten tener una vista de conjunto de las zonas de embarque y desembarque, de las zonas de estabilización, de seguridad y de aproximación.

Así mismo, se instalaron indicadores de dirección y paneles de señalización para encauzar la fila de los pasajeros. Las zonas o puntos característicos importantes para la prestación del servicio como el punto de embarque, de desembarque, la zona de espera o el gálibo libre de los vehículos están convenientemente señalizados.

Las vías de circulación están acondicionadas permitiendo su utilización segura por parte del personal y de los pasajeros independientemente de las condiciones meteorológicas, manteniéndose la pendiente por debajo del 10% en todos los tramos, habiéndose instalado peldaños en los que no se cumple esta condición.



Todas las vías de circulación de los pasajeros están fuera del gálibo libre de los vehículos en las estaciones, salvo en los puntos de embarque y de desembarque.

La altura libre mínima por encima de las vías de circulación de las personas transportadas y de los puestos de trabajo es de 2,5 m.



Fig. 3.17 Señalización de peligro

Las vías y zonas de circulación están equipadas con barandillas rígidas para impedir la caída de los pasajeros, especialmente niños. Así mismo, se han instalado barreras móviles en el borde de los andenes.

En las zonas de embarque y desembarque, donde respetar el gálibo impide el montaje de barandillas han instalado dispositivos de recogida en forma de malla.

Los tabicados laterales de la estructura de la estación tienen una superficie lisa a fin de evitar que los pasajeros se enganchen.

A fin de evitar el agravamiento de posibles caídas se revistieron los constituyentes estructurales de las estaciones (como los pernos de cimentación) con materiales blandos.

La distancia entre la superficie del área de embarque o desembarque de los telesillas bajo carga estática es $(0,46 \pm 0,05)$ m. Esta distancia fue medida en el centro de la anchura del asiento sobre su borde anterior y se tuvo en cuenta el espesor de la nieve necesario para la explotación.



*Fig. 3.18 Refugio cubierto
por la nieve*

La geometría de la estación permite el paso de una silla con el reposapiés bajado.

10.1.- ÁREA DE EMBARQUE

El área de embarque presenta una sección horizontal de 2,7 m estando el punto de embarque señalizado en el primer tercio de esa longitud, a 0,90m de acuerdo con la Norma UNE 12929.



Fig 3.19 Área de embarque

La longitud horizontal de esta área comienza después del paso de las sillas alrededor de la polea. Además se establecieron una zona de estabilización y otra de seguridad.

A lo largo del área de embarque se previeron espacios libres con una altura de 2 m a ambos lados del vehículo situado en posición de reposo sobre una distancia mínima de 0,6 m/s hacia el eje de la línea y de 1,25 m/s a partir del borde del vehículo hacia el exterior de la línea.

La zona de estabilización, medida a partir del punto de embarque, tiene una longitud de 8,05 m (correspondiente a un intervalo de 3,5 s). Hasta el fin de la zona de seguridad siguiente se respetó un intervalo de 16,1 m correspondiente a 7,0 s medidos a partir del punto de embarque.

La altura de sobrevuelo es de 1,5 m en la zona de estabilización y de 3 m en la de seguridad.

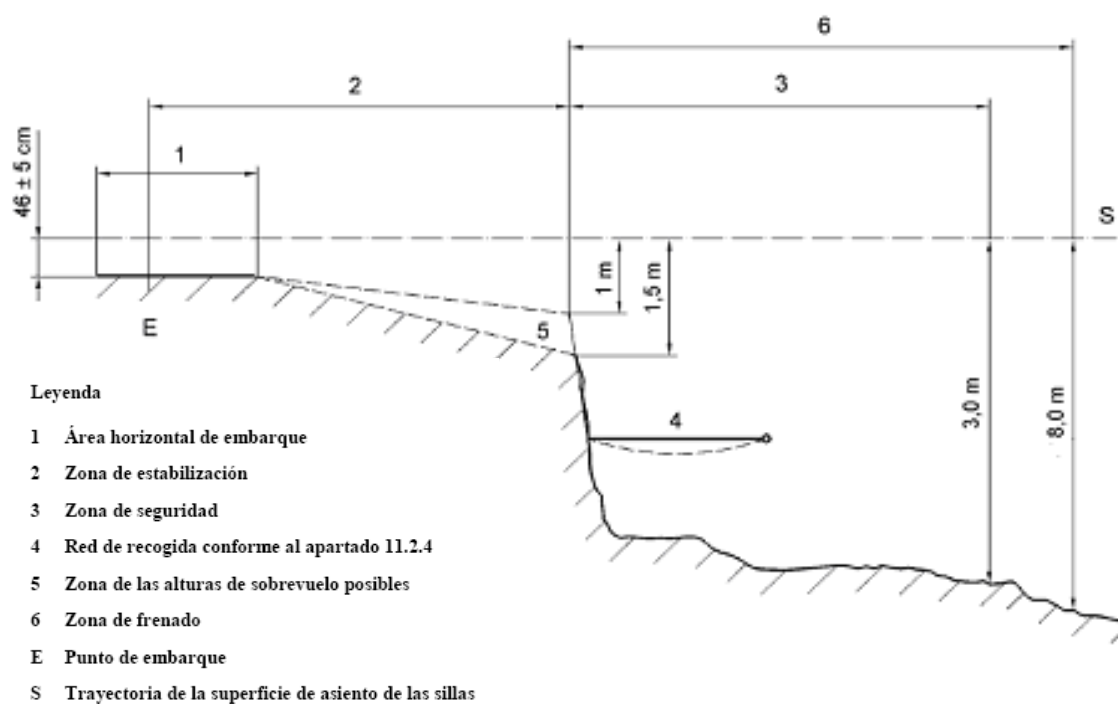


Fig 3.20 Croquis explicativo del área de embarque

De acuerdo con lo dispuesto en la Norma EN 12397 se han colocado los siguientes carteles indicadores:

- siéntese aquí;
- baje la protección;
- no descienda de la silla;
- no se balancee.

10.2.- ÁREA DE DESEMBARQUE

La longitud horizontal del área de desembarque es de 3,45 m, esto es aproximadamente la distancia recorrida por la silla de pinza fija en 1,5 s.

Se previeron espacios libres a ambos lados del vehículo para facilitar la salida de los esquiadores con un ancho de 2,5 m hacia el eje de la línea y de 1,25 m hacia el exterior de la misma.



Fig. 3.21 Área de desembarque

Inmediatamente antes del área de desembarque se acondicionó la zona de aproximación desde la que el pasajero puede apreciar las condiciones del desembarque.

Esto es posible porque el vértice de la pirámide supuesta para la determinación de la zona de manos citada anteriormente, que representa la silla que llega, se encuentra a la altura de la superficie del área de desembarque.

La longitud de la zona de aproximación es de 11,5 m, equivalente a la distancia recorrida por la silla en 5 s.

En el interior de la zona de aproximación la altura de sobrevuelo disminuye a los 2,6 m.

A continuación del área de desembarque se encuentra una rampa de despeje con una pendiente del 20% que permite a los esquiadores abandonar la zona sin un cambio apreciable de dirección.

Existe un dispositivo de vigilancia en el área de desembarque de manera que si un pasajero no consigue abandonar el vehículo, la instalación se detiene automáticamente, de acuerdo con lo establecido en la Norma EN 13243.

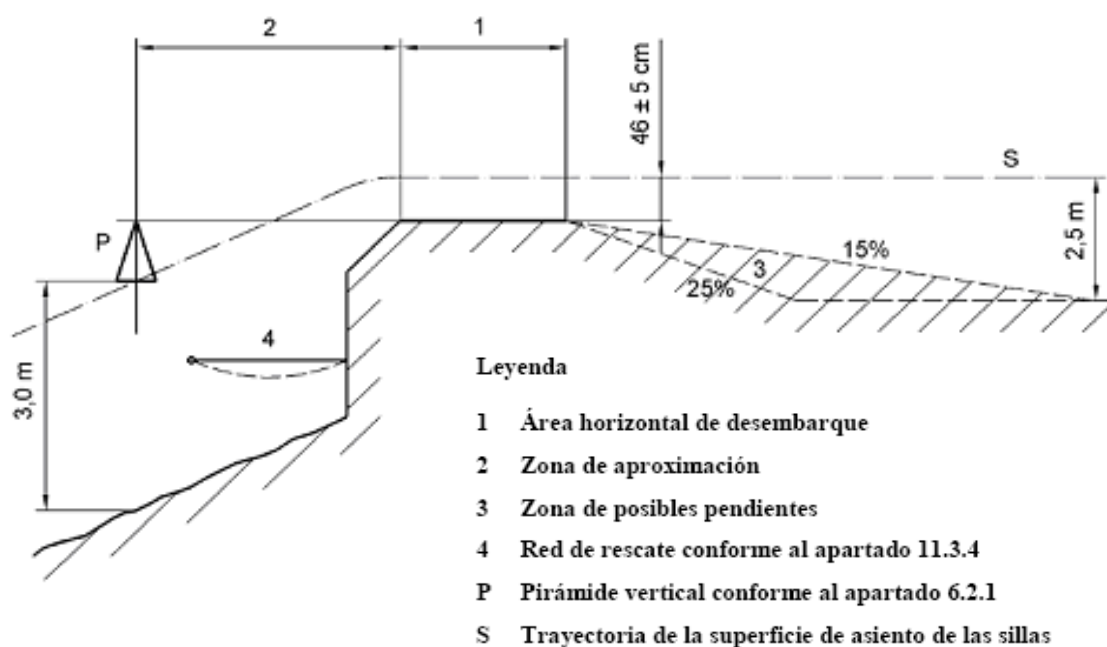


Fig. 3.22 Croquis explicativo de la zona de desembarque

Al igual que en la zona de embarque, las indicaciones que pueden visualizarse están Normalizadas y son:

- levante la punta de sus esquíes;
- levante la protección;
- levántese y abandone la zona de desembarque.



11.- CONCLUSIONES:

Tras efectuar las comprobaciones sobre la información de la instalación del telesilla Dilar, se concluye que cumple con todas las especificaciones de seguridad recogidas en la normativa, y por tanto con lo exigido en la reglamentación.

La información del remonte ha sido facilitada por la empresa Doppelmayr, responsable del diseño y construcción de la misma.



ÍNDICE

1.-	CABLE PORTANTE-TRACTOR	2
2.-	POLEA MOTRIZ.....	5
2.1.-	ÁRBOLES Y EJES PARA POLEAS Y TAMBORES.....	7
2.2.-	COJINETEs.....	7
3.-	POLEAS EN LA CURVA	8
3.1.-	ÁRBOLES Y EJES PARA POLEAS Y TAMBORES.....	10
3.2.-	COJINETE.	10
4.-	SILLAS	11
5.-	ACCIONES E INFLUENCIAS DEL ENTORNO	13
5.1.-	acciones permanentes	13
5.1.1.-	Peso Propio(G)	13
5.1.2.-	Acciones del terreno.	15
5.2.-	acciones variables.....	16
5.2.1.-	Acciones debidas a los cables y a los vehículos.	16
5.2.2.-	Efectos de rozamiento.	18
5.2.3.-	Acciones del viento.	18
5.2.4.-	Cargas de hielo.	18
5.2.5.-	Fuerzas debidas al accionamiento y al frenado.	19
5.2.6.-	Acciones accidentales.	20
5.2.7.-	Otras acciones accidentales.....	22

CAPÍTULO 4 – MODELO

Uno de los objetivos del proyecto es el estudio de las acciones en la polea motriz y en las poleas de la zona de la curva del telesilla Dílar. En este capítulo se presentan los componentes estructurales y las cargas que inciden en el modelo sobre el que se realizarán las simulaciones con el programa de cálculo por elementos finitos.

En primer lugar, se analizan los elementos de la instalación que influyen en el estudio. Posteriormente se detallarán las acciones a tener en cuenta sobre los mismos.

1.- CABLE PORTANTE-TRACTOR

El cable seleccionado de acuerdo con la Norma UNE-EN 12972 es un cable de acero Warrington-Seale 6x36-WS de cordones monocapa con alma de polímero sólido, como se hace necesario por tratarse de una instalación monocable.

En la elección del cable se tiene en cuenta que la seguridad a la tracción no debe ser inferior a 4,5, considerando los efectos dinámicos.

La resistencia a tracción del cable es de $1,80 \times 10^9 \text{ Pa}$. Las demás características del mismo vienen fijadas en función de la misma.

En el modelo de simulación, el cable actúa sobre las poleas como una carga linealmente distribuida.

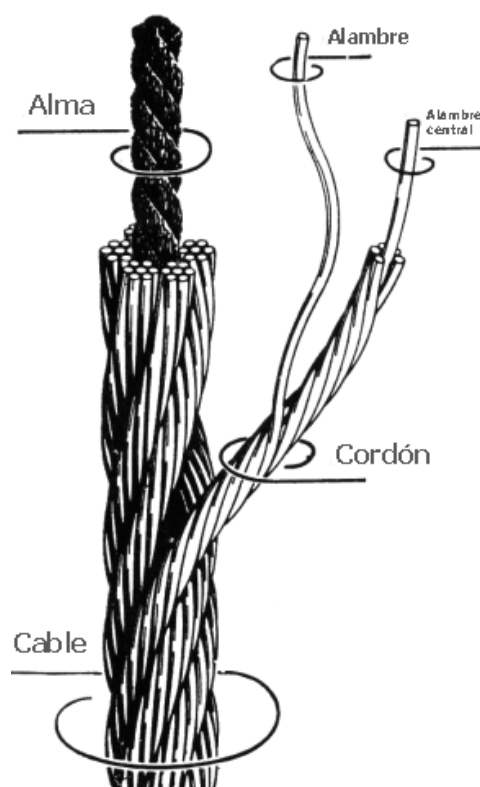


Fig. 4.1 Elementos del cable

El cable del telesilla Dilar presenta las siguientes características:

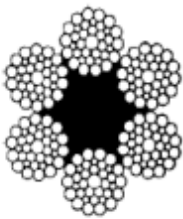
Composición de sección transversal  6x36WS-FC	Composición del cable		Composición del cordón		
	Detalle	Cantidad	Detalle	Cantidad	
	Cordones	6	Alambres	36	
	Capas de cordones	1	Alambres exteriores	14	
	Alambres en el cable	216	Capas de alambres	3	
			Nº de alambres exteriores		Factor del alambre exterior
	Cable	Cordón	Total	Por cordón	
	6x36WS	1-7-7+7-14	84	14	0,058
Coeficiente de la carga mínima de rotura: $K_1 = 0,340$ Coeficiente de la masa lineal nominal: $W_1 = 0,360$					
Diámetro nominal del cable	Masa lineal nominal aproximada	Carga mínima de rotura kN			
mm	kg/m	Clase del cable 1770			
52	10,3	1 630			

Fig. 4.2 Características del cable portador-tractor del telesilla Dilar

Otras características del mismo son:

- **Factor de relleno:** 0.5

El factor de relleno es igual a la sección transversal metálica de los hilos con relación al área del círculo circunscrito alrededor del cable.

- **Factor de cableado:** 0.84

Es la relación entre la carga de rotura mínima y la carga de rotura calculada. Representa la pérdida por cableado y su valor es función de la composición del cable.

Esta pérdida o diferencia entre la carga de rotura mínima del cable y su carga de rotura calculada es debida a que los alambres no son paralelos al eje del cable y a que es materialmente imposible conseguir una distribución perfectamente uniforme de la carga entre todos los alambres.

- **Factor de masa:** 0.9682

Es la relación entre el peso por unidad de longitud y la sección metálica del cable.

Siguiendo la misma normativa en lo que respecta al diseño y la selección, las sujeciones de extremidad del mismo son terminales secos. El terminal seco comprende un manguito cónico exterior, un cono interior, hilo de aluminio maleable, un soporte de cono, un manguito de plástico y una horquilla de fijación.

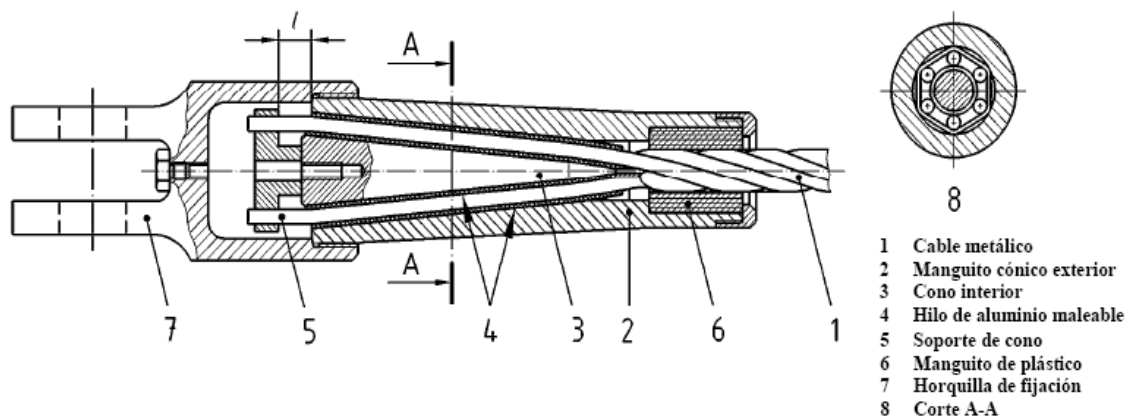


Fig. 4.3 Esquema de terminal seco

El ángulo entre la generatriz y el eje del cono seco en el manguito es de 5°.

El hilo de enrollamiento es de aleación de aluminio de una dureza Brinell de 600x106 Pa. El material del manguito de plástico destinado a amortiguar las vibraciones es poliuretano de una dureza Shore A de clase 95. El diámetro del manguito de plástico no permite ningún juego entre el cable y el manguito ni entre éste y el manguito cónico exterior.

2.- POLEA MOTRIZ

La polea motriz, ubicada en la estación inferior, de 4 metros de altura, está construida en acero con un diámetro de 48m, de acuerdo con las especificaciones de la norma EN 12927-2. Además la polea cuenta con una guarnición de caucho. Esta guarnición dispone de garganta adecuada para permitir el guiado del cable.

Las características mecánicas de la polea son las siguientes:

Masa: 3.730 Kg.

Área: 17,905 m²

MI. : 12.000 kgm²

En el dimensionado de la

polea se tienen en cuenta las combinaciones de fuerzas más desfavorables que actúan simultáneamente.

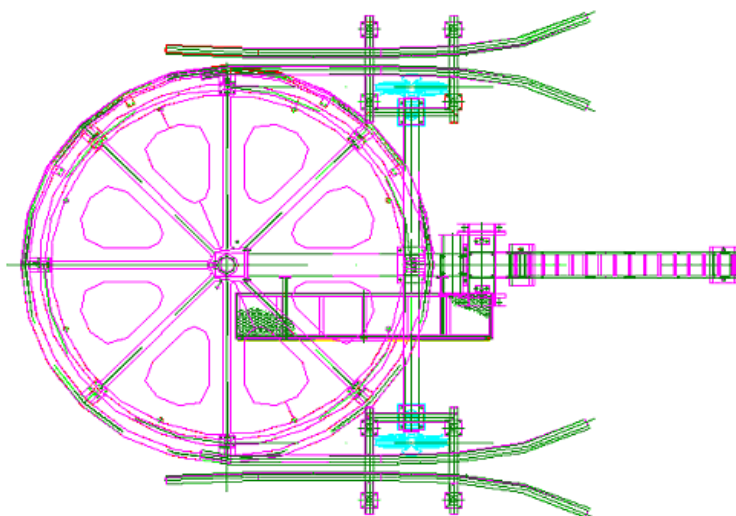


Fig. 4.4 Planta de la estación motriz

Como en el caso del resto de los componentes de la instalación, la elección de los materiales se realiza de acuerdo con las condiciones de construcción y de uso, siendo conformes a la norma EN 12929-1 referente a los requisitos de seguridad en los transportes por cable y a las normas europeas EN 10025 y EN 10083, específicas para los aceros. Con el fin de prevenir el riesgo de rotura frágil, las calidades de acero utilizadas se eligen en función de la temperatura mínima de servicio, del espesor del constituyente y de la celeridad de la sollicitación. Para ello se aplica la norma ENV 1993-1-1.

Así mismo, se tienen en cuenta los procesos de fabricación con objeto de evitar concentraciones de tensión o defectos superficiales capaces de provocar la rotura.

La polea se calcula a fatiga para una duración de vida ilimitada conforme a las normas reconocidas (norma ENV 1993). Además, tiene un coeficiente de seguridad superior al 3,5. Por otro lado, al tenerse en cuenta las tensiones de enrollamiento, se hace una verificación con un coeficiente de seguridad mínimo de 2,0 con respecto al límite elástico. La construcción de la polea se realiza de forma que la influencia de esfuerzos residuales debidas al mecanizado sea la menor posible.

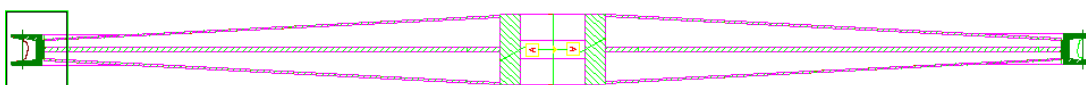


Fig. 4.5 Perfil de la polea motriz

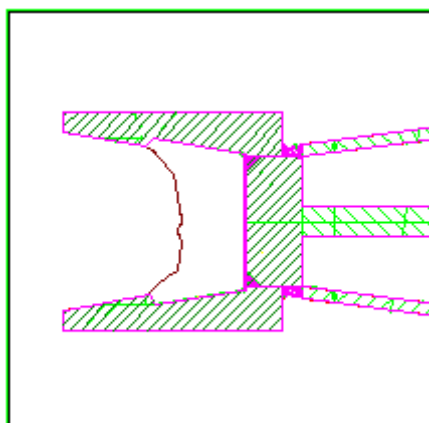


Fig. 4.6 Detalle del perfil de la polea motriz

Las pestañas de la polea tienen una forma tal que se oponen al descarrilamiento del cable. Sobrepasan el borde de la guarnición una altura superior al diámetro del cable.

En el telesilla Dílar, dado que las que las pinzas de los vehículos pasan por la polea, ésta dispone por ambos lados de antidescarriladores o recogeables de dimensiones adecuadas.

Así mismo, las condiciones climáticas hacen necesaria la existencia de rascadores de hielo. Los rascadores de hielo y sus fijaciones están dimensionados para resistir una fuerza de 5.000 N que actúe en el borde de ataque.

Se han previsto dispositivos de recuperación de las poleas para evitar el descarrilamiento del cable en caso de rotura del eje o del árbol. La posición correcta de la polea motriz y de desviación se vigilan eléctricamente.

2.1.- ÁRBOLES Y EJES PARA POLEAS Y TAMBORES.

Los árboles y ejes sometidos a solicitaciones dinámicas se calculan a fatiga con duración de vida ilimitada conforme a normas reconocidas. El coeficiente de seguridad es superior a 1,5 respecto al límite de fatiga de la curva de Wölher correspondiente al 95% de probabilidad de no rotura.

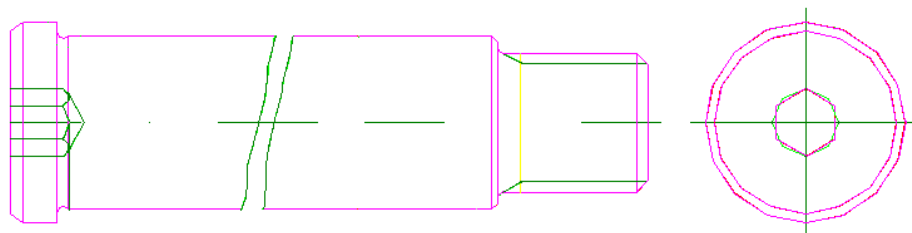


Fig. 4.7 Eje de la polea motriz

Además, los árboles y ejes presentan, sin tener en cuenta concentraciones de tensiones debidas al efecto de entalladura, un coeficiente de seguridad mínimo de 3,5 respecto al límite elástico.

2.2.- COJINETES.

Los cojinetes se dimensionan de acuerdo a las recomendaciones y requisitos del fabricante.

La duración de vida calculada de los cojinetes de rodillos de la polea motriz y de desviación del cable portador-tractor, así como de los tambores, de los cabrestantes y de los árboles del reductor en las condiciones más desfavorables, es superior a las 25.000 horas de servicio.

Tanto la polea motriz como las de desviación del cable portador-tractor, así como los tambores de cabestrantes, están protegidos contra toda caída debida a un deterioro de los cojinetes, quedando impedidas, por construcción, el desplazamiento axial peligroso o la caída de poleas en voladizo.

3.- POLEAS EN LA CURVA

La zona de la curva, especialmente crítica por su geometría, cuenta con trenes de poleas para el guiado de la línea.



Fig. 4.8 Vista en planta de la curva del telesilla Dilar

Las poleas están construidas en acero y presentan una guarnición de caucho. Una de las peculiaridades de los trenes de poleas de esta parte del trazado, como se comenta en el segundo capítulo, es que se disponen en horizontal y vertical alternativamente para facilitar el trabajo del motor y hacer fluida la circulación en la línea.

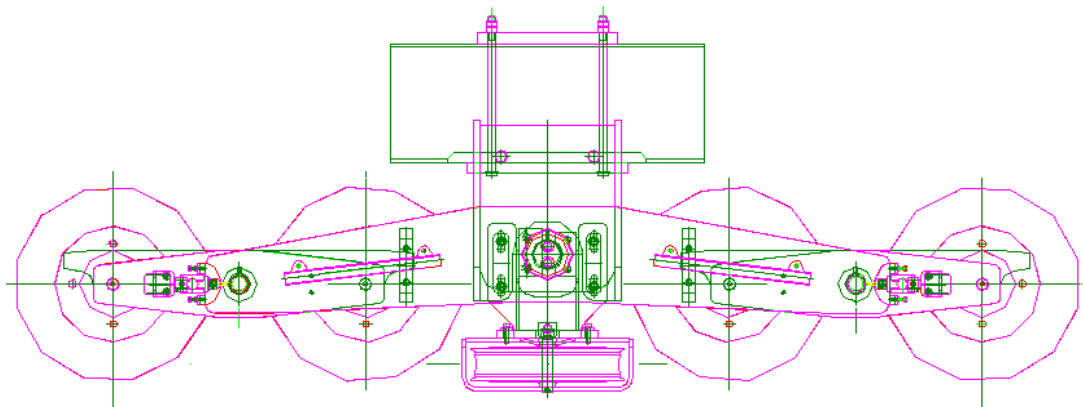


Fig. 4.9 Tren de poleas

Estos dispositivos, al servir de apoyo y de guiado de los cables están concebidos de manera que dichos cables se puedan guiar de forma segura y sin daño.

En la fase de diseño se toman las medidas adecuadas para garantizar la correcta entrada y salida del cable a su paso por poleas, rodillos y trenes de rodillos. El paso de los vehículos desde los cables portadores a los raíles de la vía

principal debe estar preparado para que se efectúe sin golpes y sin riesgo de descarrilamiento. Por otra parte, se tiene en cuenta la posibilidad de efectuar los controles en explotación y las operaciones de mantenimiento.

De acuerdo con la Norma UNE-EN 13223:2006 en el dimensionado de las poleas, se tienen en cuenta las combinaciones de fuerzas más desfavorables que actúan simultáneamente.

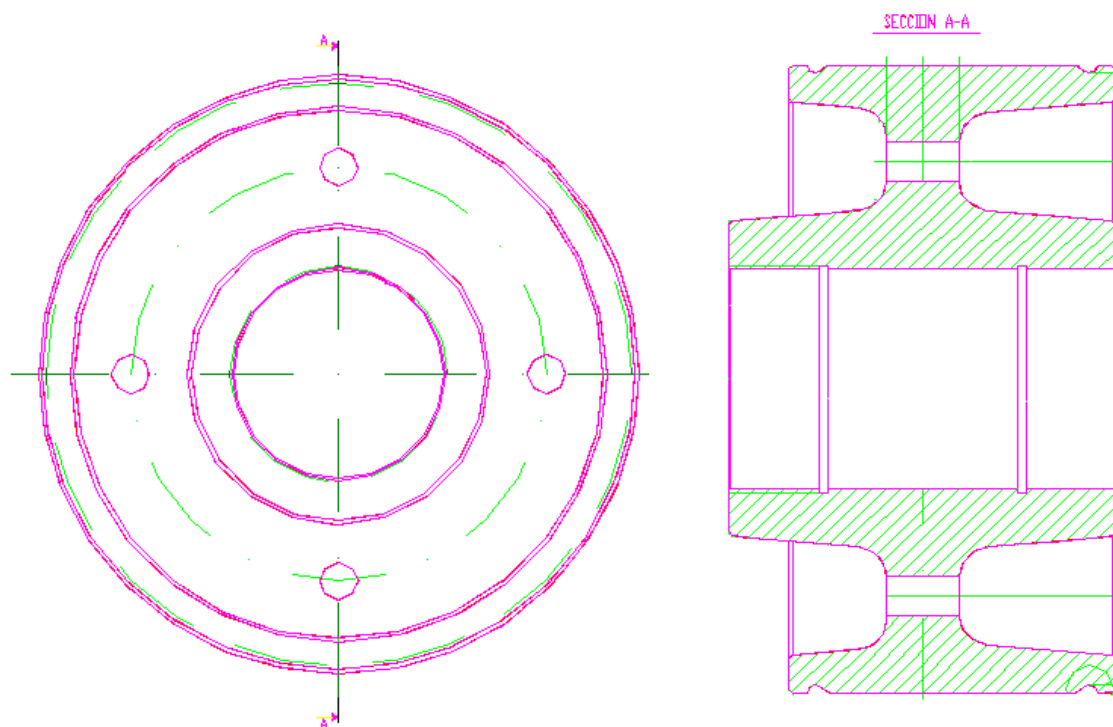


Fig. 4.10 Polea y sección de la misma

El diámetro de las poleas, dimensionado de acuerdo con los requisitos de la norma EN 12927-2 es de 0.315 m.

Como en el caso de la polea motriz, las poleas se calculan a fatiga para una vida ilimitada conforme a las mismas disposiciones. De igual modo, presentan un coeficiente de seguridad superior a 3,5 con relación al límite elástico sin tener en cuenta las concentraciones de esfuerzos debidas al efecto de entalladura.

En este caso, también se considera la posible influencia de esfuerzos residuales aparecidos en el proceso de mecanizado.

Las poleas se encuentran en el plano formado por el ramal de entrada y de salida del cable.

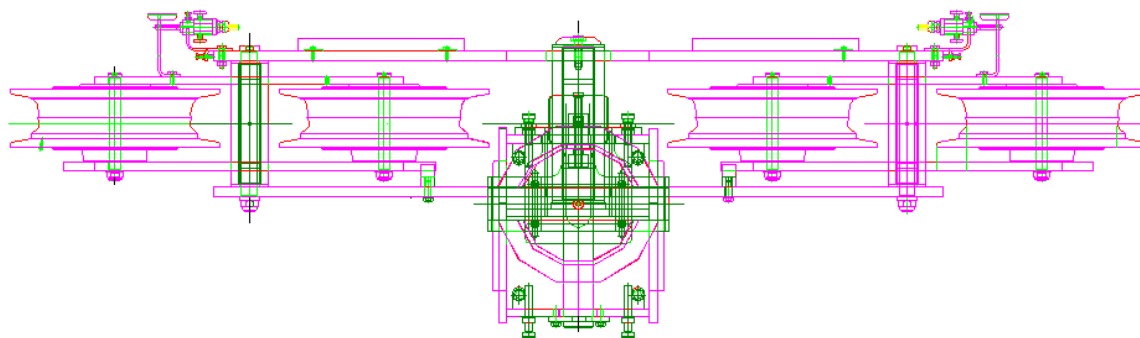


Fig. 4.11 Vista en planta de un tren de poleas

3.1.- ÁRBOLES Y EJES PARA POLEAS Y TAMBORES.

En el caso de las poleas de desviación, las disposiciones relativas a los árboles y ejes son las mismas que las adoptadas para la polea motriz. Esto es, al estar sometidos a sollicitaciones dinámicas se calculan a fatiga con duración de vida ilimitada. El coeficiente de seguridad es también superior a 1,5 respecto al límite de fatiga de la curva de Wölher correspondiente al 95% de probabilidad de no rotura.

Además, los árboles y ejes presentan, sin tener en cuenta concentraciones de tensiones debidas al efecto de entalladura, un coeficiente de seguridad mínimo de 3,5 respecto al límite elástico.

3.2.- COJINETE.

De la misma manera, se mantienen los requisitos adoptados para los cojinetes de la polea motriz.

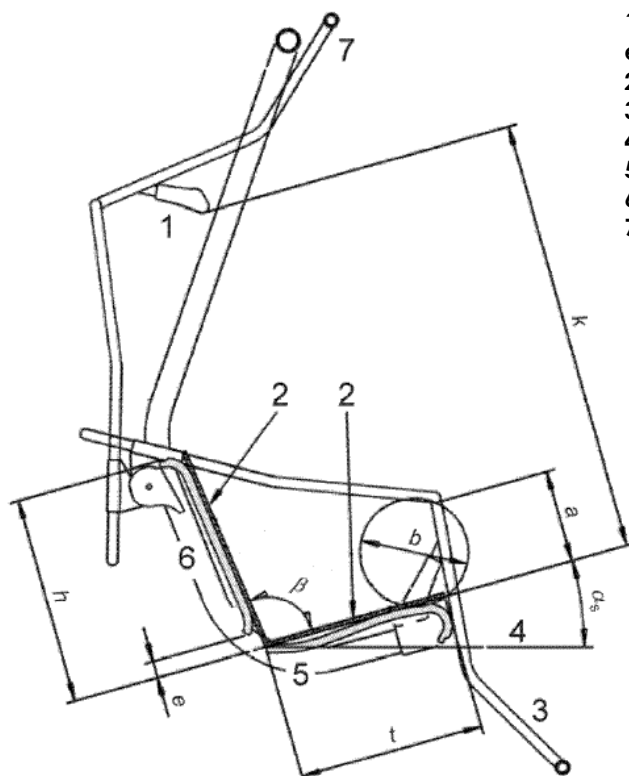
La duración de vida calculada de los cojinetes de rodillos de las poleas de desviación del cable sobrepasa las 25.000 horas de servicio.

4.- SILLAS

En el modelo, la acción de las sillas se considerará como una carga puntual. Para el cálculo de estas cargas se considera la masa del vehículo (1.200 Kg.). Así mismo, la carga útil (Q) comprende todas las cargas móviles transportadas por un arrastre en el interior y el exterior de un vehículo, para lo cual se tendrán en cuenta la masa de los pasajeros en aplicación de la Norma EN 13796-1.

Siendo así, y por tratarse de un remonte utilizado por esquiadores se considera una masa de 80 Kg. por persona. La masa media por persona es de 75 Kg., a los que se añaden 5kg en concepto de equipamiento.

Fig. 4.12 Esquema del vehículo



1. Punto de presión del guarda-cuerpos en posición abierta
2. Gálibo
3. Guarda-cuerpos en posición cerrada
4. Horizontal de referencia
5. Asiento
6. Respaldo
7. Guarda-cuerpos en posición abierta

DIMENSIONES DE LA SILLA	
a	0,2 m
t	0,5 m
b	0,25 m
h	0,35 m
e	0,15 m
k	0,85 m
β	Π/2 rad
a _s	0 rad*

*Independientemente del estado de carga

Fig. 4.13 Dimensiones del vehículo

➤ *Peso del vehículo vacío:*

$$P_{sv} = m_{sv} \cdot g$$



donde:

m_{sv} es la masa de la silla vacía

g es la aceleración debida a la gravedad

Entonces:

$$P_{sv} = 1200 \cdot 9,81 = 11.772,00N$$

➤ *Peso del vehículo ocupado:*

$$P_{sc} = m_{sc} \cdot g$$

donde:

m_{sc} es la masa de la silla cargada

$$m_{sc} = 1200 + 75 + 5 = 1280kg$$

Entonces:

$$P_{sc} = 1280 \cdot 9,81 = 12.556,8N$$

5.- ACCIONES E INFLUENCIAS DEL ENTORNO

A continuación se presentan las acciones e influencias que serán tenidas en cuenta en la realización del modelo sobre el que se realizarán las simulaciones con el programa Ansys.

De acuerdo con las Normas UNE-EN 13107:2006 referente a Obras de ingeniería civil y UNE-EN 12930 relativa a los Cálculos en las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas, que forman parte del programa de normas aprobado por el Consejo Técnico de CEN relativo a los Requisitos de seguridad para las instalaciones de transporte por cable destinado a personas, se consideran:

5.1.- ACCIONES PERMANENTES

5.1.1.- Peso Propio(G)

Comprende las cargas debidas exclusivamente a la masa de los elementos estructurales. Cuando uno de estos elementos es móvil, las acciones correspondientes, se consideran variables (cargas de explotación).

En primer lugar, se considera el peso de los elementos que constituyen la instalación incluidos los vehículos, ya que las simulaciones se realizarán para los casos más desfavorables de carga.

Salvo requisitos contrarios, de acuerdo con la Norma UNE-EN 12930, los cables se suponen en reposo o con movimiento uniforme.

➤ Estación motriz

Se consideran los pesos de la polea y de la estructura portante distribuidos en sendas superficies.

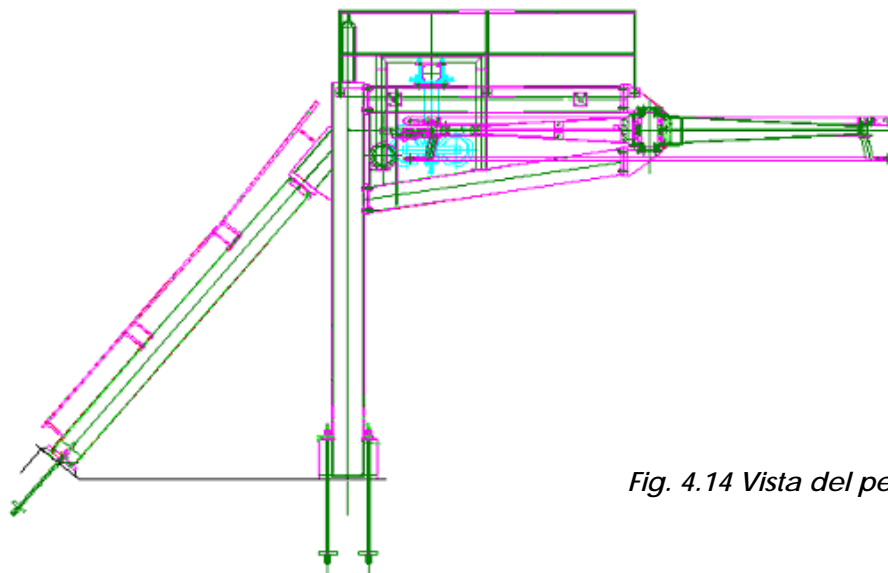


Fig. 4.14 Vista del perfil de la estación motriz

PESOS POR UNIDAD DE SUPERFICIE (N/m ²)	
Polea Motriz	2.083,00
Estructura Portante	21.100,00

Fig. 4.15 Tabla de pesos estación motriz

Así mismo, se deben tener en cuenta el peso del cable.

PESO POR UNIDAD DE LONGITUD (N/m)	
Cable portador-tractor	101,043

Fig. 4.16 Tabla de peso del cable portador-tractor

➤ *Tren de poleas en apoyo de la curva*

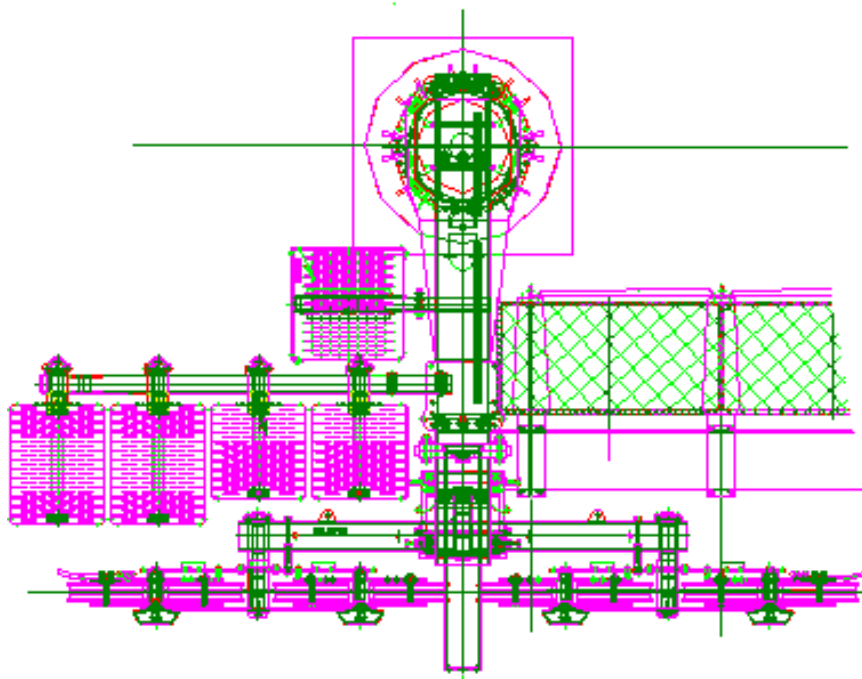


Fig. 4.17 Vista en planta del tren de poleas en un apoyo de la curva del telesilla Dilar

El peso propio de la estructura se toma como una carga distribuida por unidad de superficie. Análogamente al caso anterior, el peso del cable se considera una carga distribuida por unidad de longitud.

PESO POR UD. DE SUPERFICIE (N/m ²)		PESO POR UD. DE LONGITUD (N/m)	
Estructura del tren de poleas	15.050,98	Cable portador-tractor	101,043

Fig. 4.18 Tabla de pesos en la curva del telesilla Dilar

5.1.2.- Acciones del terreno.

Estas acciones comprenden el empuje de los muros de basamento y en las cimentaciones debidas al empuje de las tierras y al agua de infiltración así como las otras acciones del terreno. Se considera la estructura empotrada en ambos modelos.



5.2.- ACCIONES VARIABLES

5.2.1.- Acciones debidas a los cables y a los vehículos.

En este apartado se presentan las acciones de los cables y de los vehículos actuando en las estructuras de soporte.

Se tienen en cuenta tanto los efectos dinámicos como los de rozamiento. Así mismo, el cálculo de la estructura se realiza para el caso más desfavorable de disposición de la carga.

1. Acciones debidas al cable portador tractor.

2. Acciones debidas a los vehículos.

Acciones debidas a las fuerzas de tensión en los cables.

Los valores nominales del cálculo del perfil longitudinal se utilizan para los valores característicos de las acciones (tamaño vectorial) que resultan de las fuerzas de tensión en el cable.

Como la distribución estadística no es conocida en las acciones debidas a las fuerzas de tensión en los cables, el valor nominal del cálculo del perfil longitudinal se utiliza como valor característico.

Cargas de apoyo mínimas:

La carga de apoyo mínima en un soporte de apoyo es:

- **En explotación**, con movimiento uniforme, la carga mínima de apoyo en un soporte en compresión debe corresponder, con movimiento uniforme, al menos a 1,5 veces la fuerza del viento resultante correspondiente a una presión del viento q de 250 Pa sobre el cable cargado.
- **Fuera de explotación**, al menos la fuerza del viento resultante correspondiente a una presión de viento de 800 Pa en la mitad de la suma de las longitudes de las cuerdas de los vanos adyacentes del cable

desnudo, o si los vehículos permanecen en la línea fuera de explotación del cable vacío.

La acción del viento se define por la fuerza del viento resultante F_w , conforme a las disposiciones siguientes:

$$F_w = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_f \cdot c_d \cdot A_{ref}$$

donde:

q_{ref} es la presión dinámica media de referencia

c_e es el coeficiente de exposición

c_f es el coeficiente de fuerza

c_d es el coeficiente dinámico

A_{ref} es el área de referencia correspondiente a c_f

La presión del viento resulta:

$$q = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_d$$

Los valores que se aplican, como ya se ha comentado, son:

a) en explotación, el valor mínimo de la presión del viento es $q = 250$ Pa.

b) fuera de explotación, la fuerza del viento resultante es $q = 800$ Pa conforme a la Norma Experimental ENV 1991-2-4.

De acuerdo con las Normas EN 1709, EN 1908, EN 1909, EN 12397, EN 12408, EN 12927, EN 12929, EN 13107, EN 13223, EN 13243 Y EN 13796.

5.2.2.- Efectos de rozamiento.

Se definen como la acción del cable multiplicada por un coeficiente como recoge la Norma 12930.

- Coeficiente de rozamiento

Por tratarse de poleas con apoyo liso, el incremento es del 1,0% por tanto la acción del cable quedará:

Peso del cable portador-tractor por unidad de longitud:

$$P_c = 101,043N / m$$

Considerando los efectos del rozamiento, se tiene:

$$P_{CR} = 101,043 \cdot 1,01 = 102,053N / m$$

5.2.3.- Acciones del viento.

Más allá de las consideraciones de carga mínima, el Pliego de Condiciones admite aplicar en los cálculos, sin mayor justificación, los siguientes valores de presión del viento:

- a) Instalación en servicio: 200 Pa.
- b) Instalación fuera de servicio: 1.200 Pa.

5.2.4.- Cargas de hielo.

Las cargas de hielo se aplican a los soportes de línea o a los equipos exteriores de las estaciones.

De acuerdo con la Norma UNE-EN 12930, se deben tener en cuenta las acciones simultáneas del viento y del hielo para los cuatro casos siguientes:

- En explotación
 - La acción del hielo correspondiente a 0,4 veces la de un manguito de hielo de 25 mm de espesor con densidad 6000 kg/m^3 y la acción del viento calculada anteriormente para este caso.
 - La acción del hielo correspondiente a la de un manguito de hielo de 25 mm de espesor con densidad 600 kg/m^3 y 0,8 veces la acción del viento calculada para este caso.
- Fuera de explotación
 - La acción del hielo correspondiente a 0,4 veces la de un manguito de hielo de 25 mm de espesor con densidad 600 kg/m^3 y la acción del viento anteriormente calculado reducido por el factor 0,65.
 - La acción del hielo correspondiente a la de un manguito de hielo de 25 mm de espesor con densidad 600 kg/m^3 y la acción del viento correspondiente a 0,6 veces la calculada.

5.2.5.- Fuerzas debidas al accionamiento y al frenado.

Los valores son conformes a las normas EN 12930 y EN 13223.

ACELERACIÓN EN EL ARRANQUE (m/s^2)		0, 15
DECELERACIÓN (m/ s^2)	frenada con motor	0,4
	frenada mecánica	1,25

Fig. 4.19 Valores de aceleración en accionamiento y frenado

En el caso de una frenada mecánica, la deceleración máxima es la correspondiente al funcionamiento normal de los frenos, esto es, $1,25 \text{ m/s}^2$ por tratarse de un telesilla de pinza fija (Norma UNE-EN 13223:2006). Este valor se determina teniendo en cuenta los siguientes peligros:

- lesiones de las personas presentes en los vehículos o caída de personas desde los vehículos;
- levantamiento de los cables de sus soportes como consecuencia de variaciones de la flecha demasiado importantes;
- levantamiento del carro o de las ruedas de los vehículos en los cables carriles o raíles.

En casos excepcionales de explotación se tienen en cuenta los siguientes efectos dinámicos debidos a la activación del freno de a bordo con el cable intacto.

5.2.6.- Acciones accidentales.

Acciones de muy corta duración habitualmente, en que su intervención con un valor significativo durante el intervalo de tiempo considerado en el curso de la vida útil proyectada es improbable. Se deben tomar medidas apropiadas para minimizar los efectos que puedan tener estas acciones, ya que son susceptibles de acarrear graves consecuencias.

El valor de cálculo de una acción accidental resulta de la multiplicación de su valor característico por el coeficiente parcial especificado a continuación para las diferentes acciones accidentales.

Fuerzas de frenado.

Comprende las fuerzas debidas a la entrada en acción del freno de carro en casos excepcionales o de frenos de servicio y / de emergencia.

- Frenando con el freno de a bordo: el valor característico es el valor nominal de la fuerza de frenado teniendo en cuenta el coeficiente de rozamiento máximo posible.
- Acciones inesperadas de los frenos de servicio y/o de emergencia: el valor de cálculo para las estructuras de soporte de las estaciones es 1,5 veces la fuerza de frenado resultante del funcionamiento defectuoso de los frenos del accionamiento.

Acciones debidas al descarrilamiento de un cable en los recogecables.

Comprende la reacción de apoyo del cable así como las fuerzas de rozamiento provocadas por un cable tractor o portador tractor que ha descarrilado y actuando en el brazo de recogida.

- En explotación, un descarrilamiento del cable en uno de los lados en los recogecables se supone teniendo en cuenta el rozamiento del cable con los recogecables, con un coeficiente de rozamiento de 0,20; el valor de cálculo es 1,3 veces el valor de la carga de apoyo máxima del cable resultante del cálculo del perfil longitudinal.
- Fuera de explotación, un descarrilamiento del cable en uno de los lados en los recogecables se supone también teniendo en cuenta el rozamiento del cable con los recogecables; el valor de cálculo es 1,3 veces el valor de la carga de apoyo máxima del cable resultante del cálculo del perfil longitudinal.

Acciones debidas al descarrilamiento de un cable en un único lado en el brazo de recogida de un soporte de compresión.

- En explotación se considera un descarrilamiento del cable, teniendo en cuenta el rozamiento del cable en el brazo de recogida, suponiendo un coeficiente de rozamiento de 0,30 entre el cable y el brazo de recogida. El valor de cálculo es 2 veces el valor de la carga de apoyo máxima del cable resultante del cálculo del perfil longitudinal;



- Fuera de explotación, se supone lo siguiente: el valor de cálculo es 2 veces del valor de la carga de apoyo máxima del cable resultante del cálculo del perfil longitudinal.

Caída del cable de un lado solamente.

En las instalaciones con un cable en cada lado, el valor de cálculo es 1,1 veces el valor nominal de la fuerza de apoyo máxima del cable resultante del cálculo del perfil longitudinal del cable que permanece en el soporte considerado.

5.2.7.- Otras acciones accidentales.

Para otras acciones accidentales no serán tenidas en cuenta.



ÍNDICE

1.-	PROGRAMA DE SIMULACIÓN: ANSYS 8.0	2
2.-	POLEA MOTRIZ.....	3
2.1.-	GEOMETRÍA	3
2.2.-	MALLADO	5
2.2.1.-	Nodos	6
2.3.-	Resultados.....	7
2.3.1.-	Deformada	8
2.3.2.-	Traslaciones	11
2.3.3.-	Tensión de Von Mises	16
3.-	POLEA EN LA CURVA	19
3.1.-	GEOMETRÍA	20
3.2.-	MALLADO	21
3.2.1.-	Nodos	22
3.3.-	Resultados.....	22
3.3.1.-	Deformada	23
3.3.2.-	Traslaciones	25
3.3.3.-	Tensión de Von Mises	29
4.-	JUSTIFICACIÓN DE ERRORES	31



CAPÍTULO 5 – SIMULACIONES

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos al realizar las simulaciones tanto en la polea motriz como en una de las poleas de la curva de acuerdo con el modelo de cargas descrito en el capítulo anterior.

1.- PROGRAMA DE SIMULACIÓN: ANSYS 8.0

El software utilizado es ANSYS, un programa de simulación ingenieril que permite predecir cómo funcionará y reaccionará determinado elemento en un entorno real. Está desarrollado para funcionar bajo la teoría de los elementos finitos para estructuras y de volúmenes finitos para fluidos.

ANSYS, Inc. Fue fundada en 1970 (Swanson Analysis Systems, Inc.). En las décadas anteriores a la aparición de su software ya existían diferentes métodos para el análisis, basados en el método de los elementos finitos, pero casi siempre orientados a fuerzas y no a desplazamientos.

Los calculadores de elementos finitos comerciales de la época, ANSYS inclusive, utilizaban toda la capacidad de cómputo de los grandes computadores centrales o mainframes y estaban dirigidos esencialmente a las industrias aeronáutica, automotriz, de defensa y nuclear.

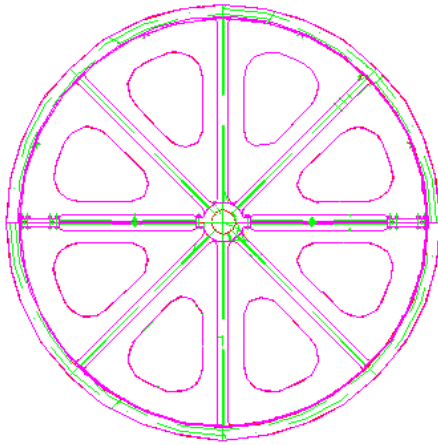
En la actualidad, este tipo de programas corre en computadores de escritorio y realiza simultáneamente el análisis de diferentes fenómenos, como por ejemplo, termomecánica, electromecánica y mecánica estructural.

El programa ANSYS esta dividido en tres herramientas principales llamadas módulos: pre-procesador (creación de geometría y mallado), procesador y post-procesador.



2.- POLEA MOTRIZ

En primer lugar se presentan los resultados relativos al estudio de la polea motriz.



A pesar de tratarse Ansys de un programa adimensional, la complejidad de la geometría de este elemento hace que en las distintas partes del estudio los requerimientos de memoria computacional resulten muy elevados.

*Fig. 5.1 Detalle de Plano.
Planta polea Motriz*

2.1.- GEOMETRÍA

Como se explicó en el capítulo anterior, la polea motriz mide 48 m de diámetro. Así mismo, como se detalla en los planos que se adjuntan en el Anexo 1, presenta un espesor en la zona central de 0,20 m y del tronco central, un cilindro hueco de 0,32 m de altura que se acopla en el eje vertical de la estación, parten los ocho nervios, que llegan hasta las pestañas de la misma.

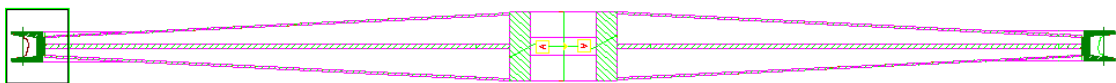


Fig. 5.2 Detalle de plano. Perfil polea motriz

El sólido utilizado en el pre-procesador es el Solid 95, un elemento 3-D con 20 nodos especialmente indicado para modelar perfiles curvos.

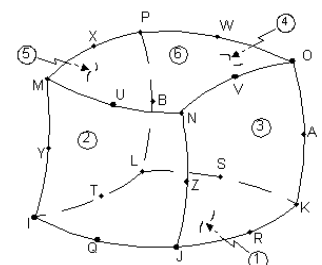
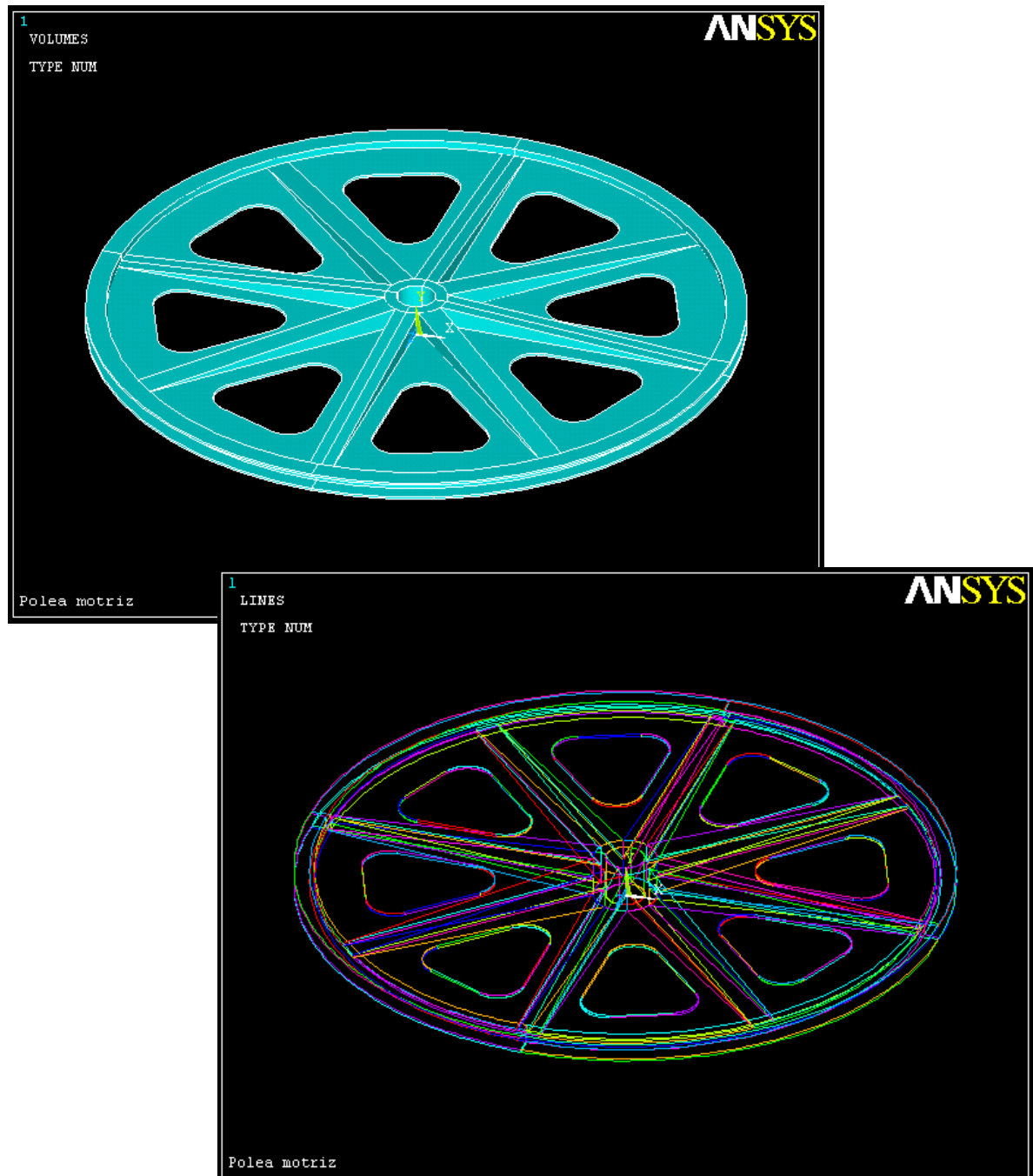


Fig. 5.3 Elemento Solid 95



A continuación se presentan las imágenes del modelo geométrico obtenido en Ansys.



Figs. 5.4/5.5 Polea motriz en volumen y líneas que la definen



2.2.- MALLADO

El mallado es la parte del proceso que nos permite convertir un cuerpo de naturaleza continua, en este caso la polea motriz, en un modelo discreto aproximado.

El mallado de una geometría tan compleja como ésta, se convierte en el momento crítico del proceso, ya que para obtener una solución lo más cercana posible a la realidad, interesa que el objeto sometido a estudio quede dividido en el mayor número de nodos posible.

Los nodos son los puntos característicos de unión de los elementos surgidos en la discretización del problema, y cuyo comportamiento queda definido por una serie de parámetros asociados a los mismos.

El fin de buscar el mayor número de nodos posible es que una vez mallada la estructura, el programa trabajará sobre la geometría resultante del ensamblaje de los nodos, no de los parámetros inicialmente introducidos por el usuario, de manera que cuanto más pequeñas sean las particiones, menos se alejará el modelo de la geometría inicial.

Por este motivo, es conveniente seleccionar el tamaño del elemento manualmente, hasta encontrar aquel que determine una malla lo suficientemente pequeña como para no alejarse del modelo inicial. Así mismo, en las zonas más conflictivas, con aristas y ángulos, pueden realizarse refinamientos de malla sucesivos hasta ajustar la malla al nivel deseado.

Por otra parte, la limitación en cuanto a lo pequeño que pueda ser el elemento lo impone la memoria del ordenador, ya que a mayor número de nodos, mayor número de ecuaciones deberá resolver el programa, con los consiguientes requerimientos de potencia. De ahí que ésta resulte ser la parte más complicada del proceso.

El resultado obtenido para un mallado por áreas de tamaño de elemento 5 es el siguiente:

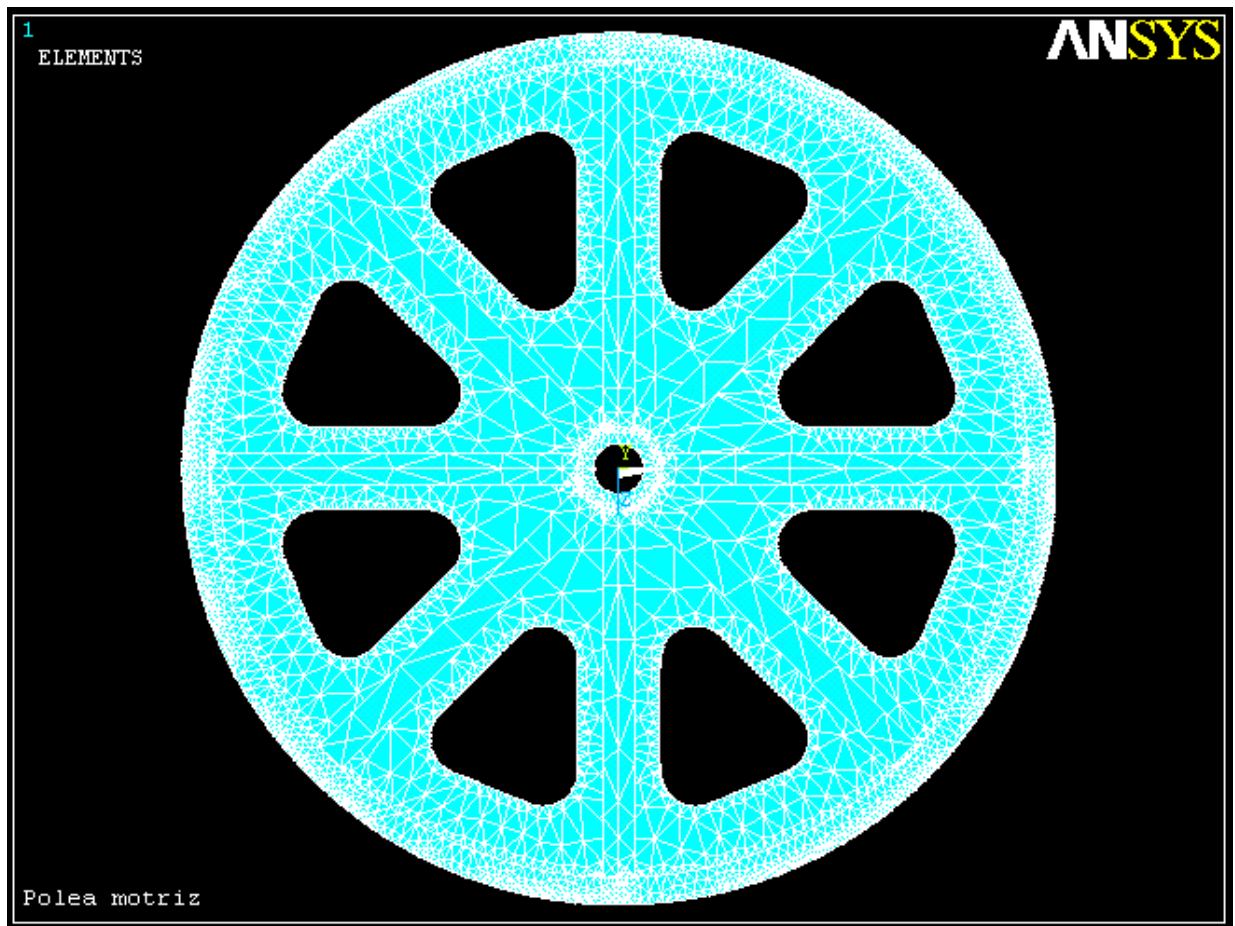


Fig. 5.6 Polea motriz mallada

La complejidad de la pieza hacía prever que fueran necesarios sucesivos refinamientos locales.

Como se observa en la figura anterior, la discretización respeta la geometría inicial, incluso en las curvas, lo que supone que una simulación ajustada al modelo real.

2.2.1.- Nodos

El número de nodos obtenidos en estas condiciones es de 111.720 como se muestra en la siguiente tabla, que recoge un extracto de la tabla de nodos.



NODO	X	Y	Z
1	-235.00	170.00	0.00
2	-235.00	320.00	0.00
3	-2301.00	170.00	0.00
...			
111718	856.59	106.94	-856.59
111719	940.35	118.56	-880.78
111719	884.39	118.56	-951.83

Fig. 5.7 Nodos

2.3.- RESULTADOS

Se restringen los tres grados de libertad de los nodos del área interior del cilindro axial de la polea y se la somete a la acción de las cargas recogidas en el capítulo anterior para el caso más desfavorable; esto es, para aquél en que se tienen dos sillas cargadas a ambos lados de la polea. Este caso supera al peor de los reales, en el que coinciden dos

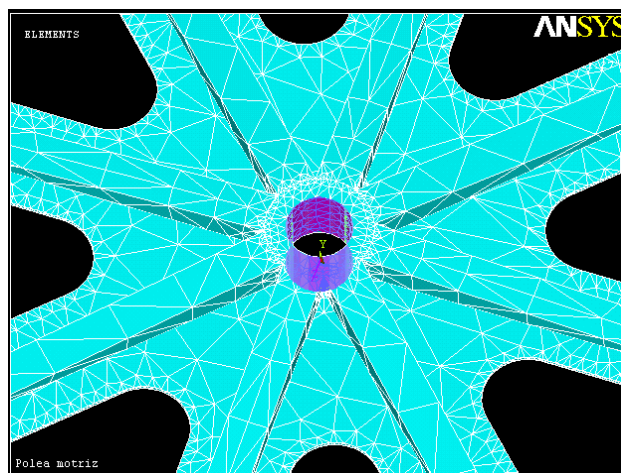


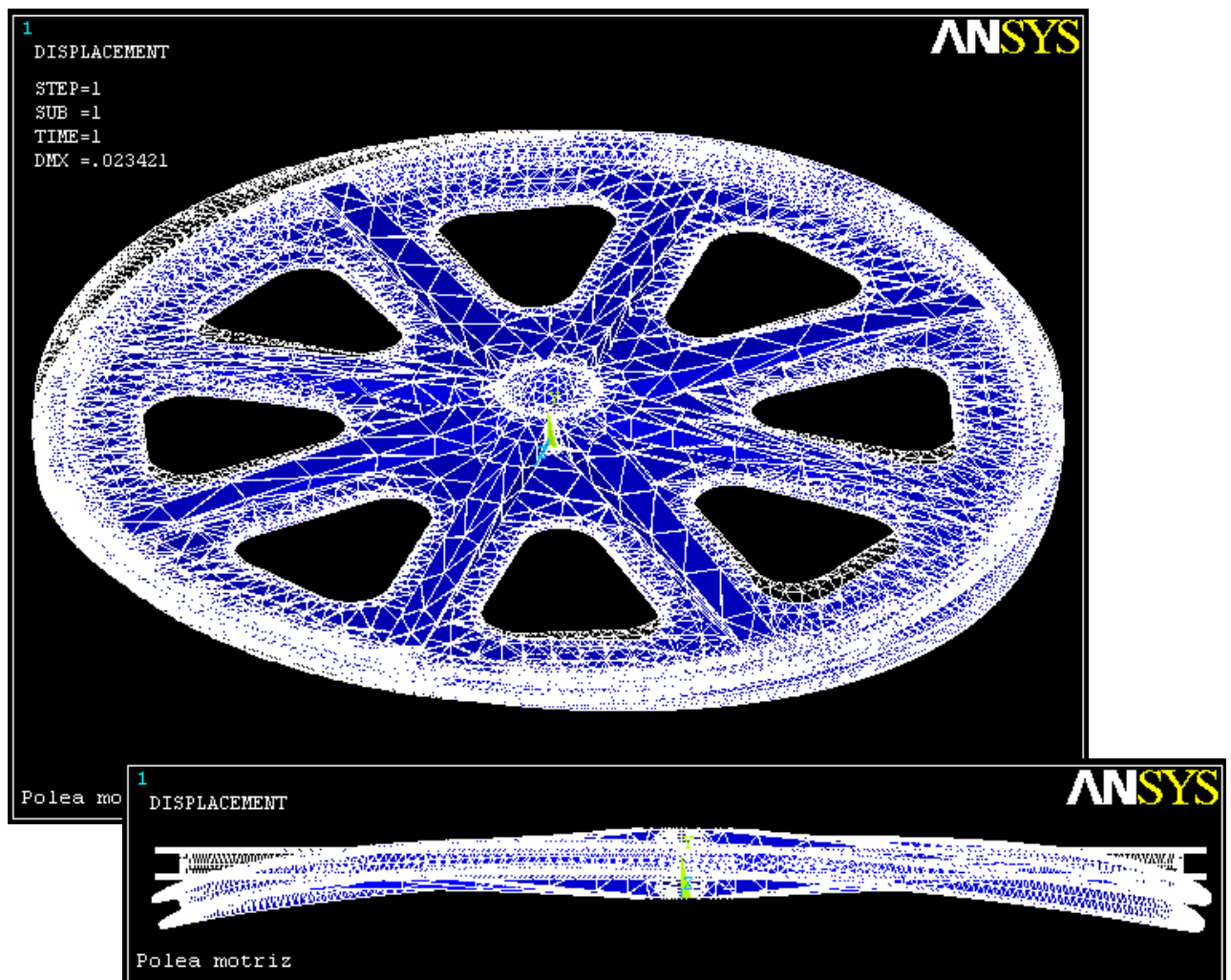
Fig. 5.8 Proceso de definición de cargas

sillas, pero sólo una de las dos en carga. Así mismo, las condiciones ambientales son las peores de las contempladas. De manera que si los valores obtenidos están dentro de los permitidos, la polea también aguantará para las condiciones del caso real más desfavorable.



Lo interesante de los resultados presentados a continuación es la comparativa con lo que se espera de acuerdo con el reglamento, basado en la bibliografía existente de los ensayos realizados en laboratorio, ya que hasta el momento no consta que se hayan realizado simulaciones sobre estos elementos constructivos.

2.3.1.- Deformada



Figs. 5.9/5.10 Deformada de la polea motriz

De acuerdo con la reglamentación, y como recogen las Normas 12929_1 y EN 13107 referentes a los Requisitos de Seguridad y a las Obras de Ingeniería Civil respectivamente, el factor limitante serán las oscilaciones y traslaciones del



cable respecto de su eje, por ser el que afecta directamente a la seguridad de toda la instalación.

Las oscilaciones y traslaciones máximas permitidas son de 0,034 rad respecto de su posición horizontal. Si se tiene en cuenta que el cable presenta un radio nominal e 0.026m, el valor límite con el que se debe comparar los resultados obtenidos será:

$$0,026 \times 0,034\pi = 2,77 \times 10^{-3} \text{ m}$$

La polea se deforma $2,34 \times 10^{-4}$ m en los nodos de máxima deflexión, esto es, aquéllos sobre los que están aplicadas las cargas puntuales del peso de las sillas. Es decir, el cable se encuentra $2,34 \times 10^{-4}$ m por debajo de su posición de partida.

La desviación producida es la décima parte de la esperada, lo que supone que los coeficientes aplicados en el dimensionamiento de la polea superan a los de seguridad recogidos en la normativa, por lo que al realizar la simulación, el modelo resulta estar lejos del caso más desfavorable, como es de esperar en instalaciones aéreas de viajeros.

En las siguientes imágenes se observa este efecto más claramente ya que aparecen indicados los puntos de máxima deformación.

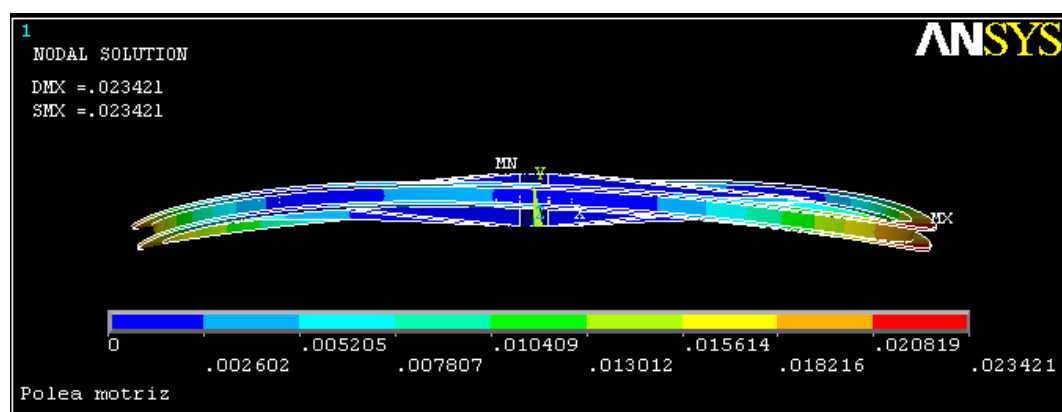


Fig. 5.11 Deformación de la polea motriz. Vista en perfil

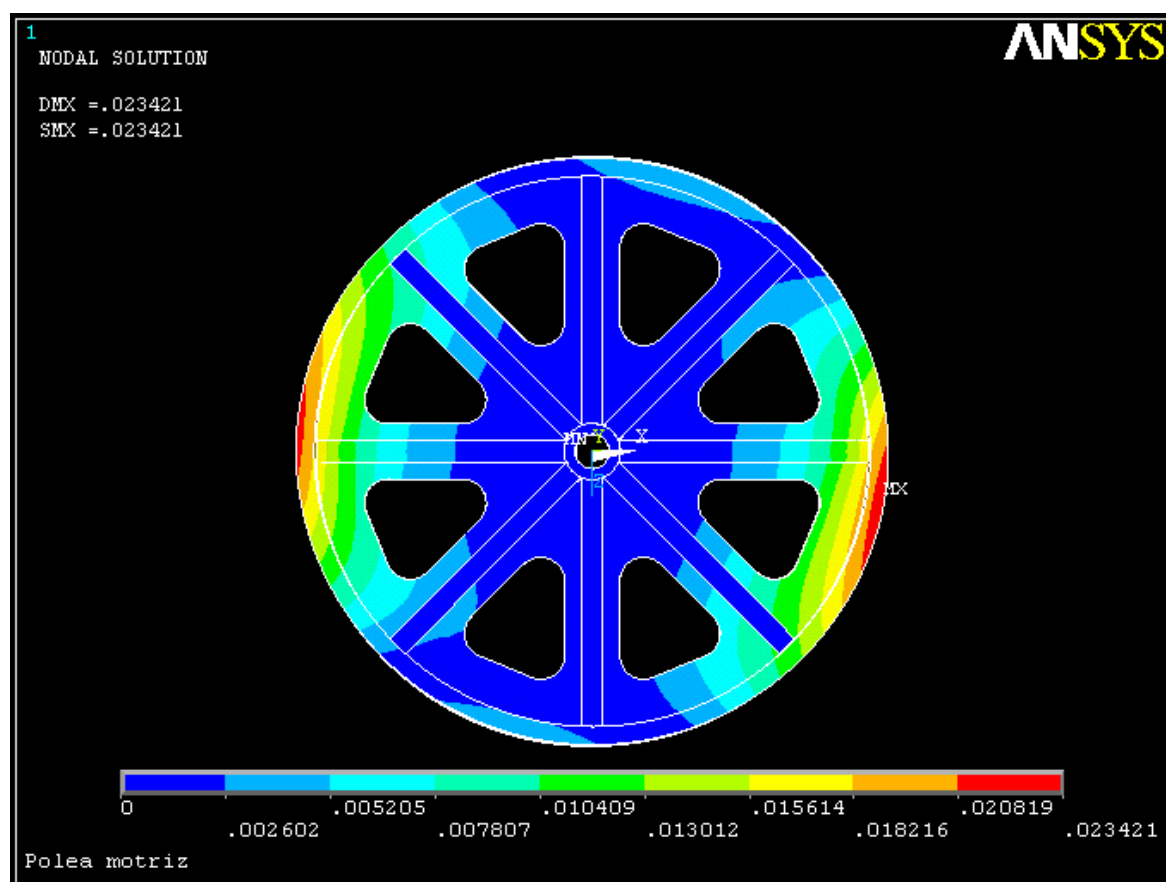


Fig. 5.11 Deformación de la polea motriz. Vista en planta

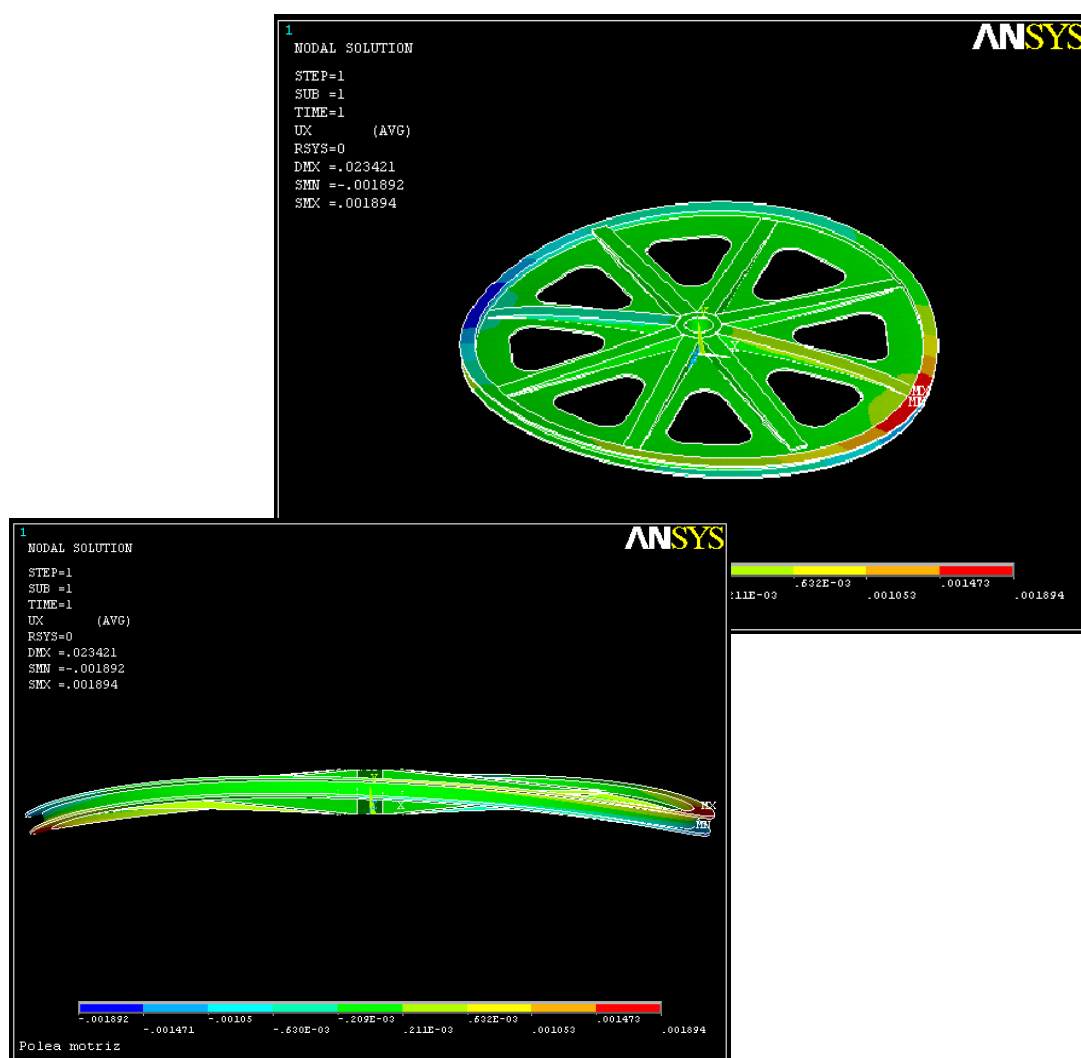


2.3.2.- Traslaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el apartado anterior, las cargas de las sillas resultan determinantes en el modelo, de manera que es de esperar que las mayores traslaciones se produzcan en la dirección del eje Y, ya que están aplicadas en dirección axial.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada dirección y se comentan posteriormente a partir del cuadro resumen que los compara.

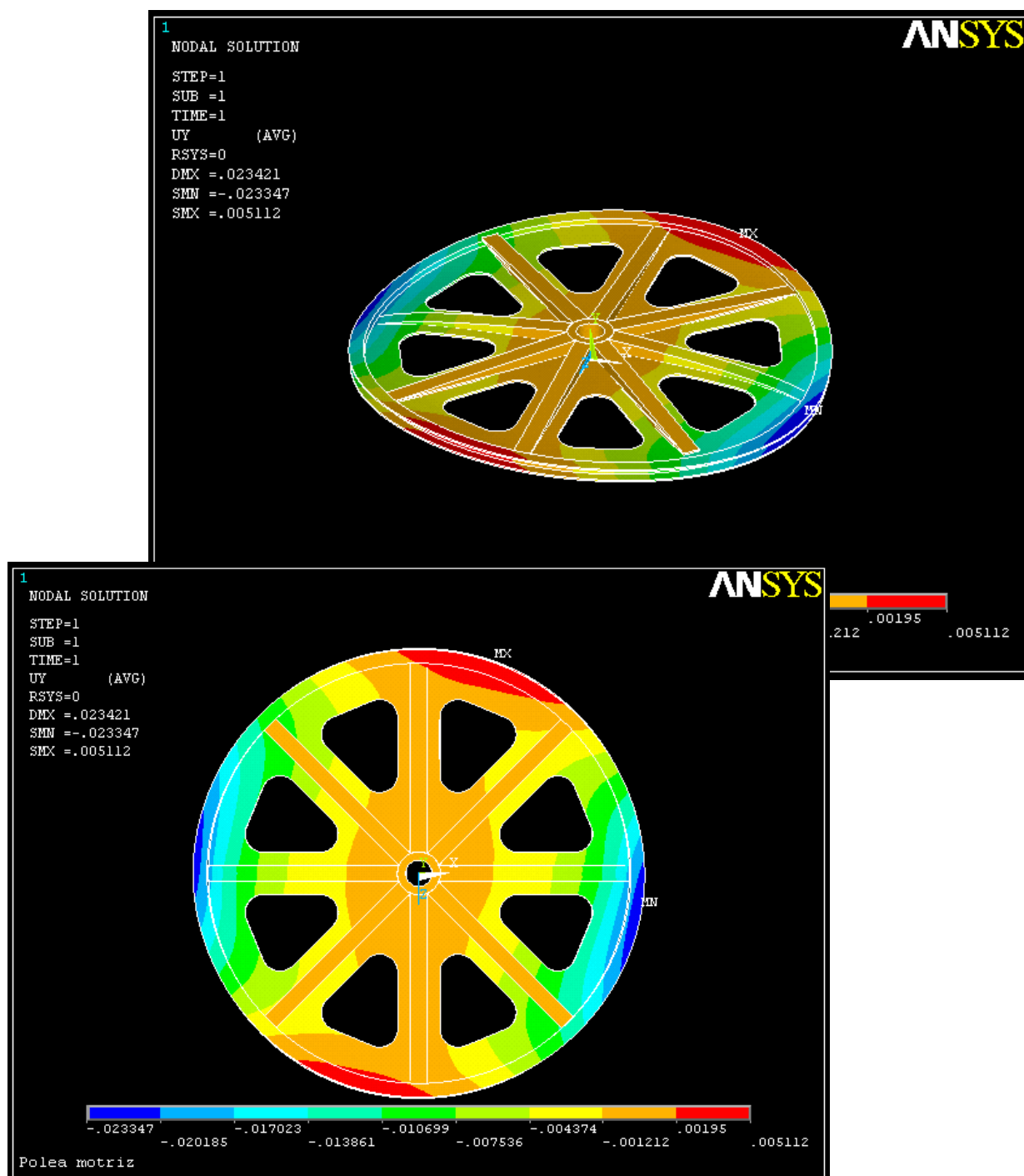
2.3.2.1.- EJE X



Figs. 5.13/5.14 Traslación en el eje X. Vistas en perspectiva y en perfil



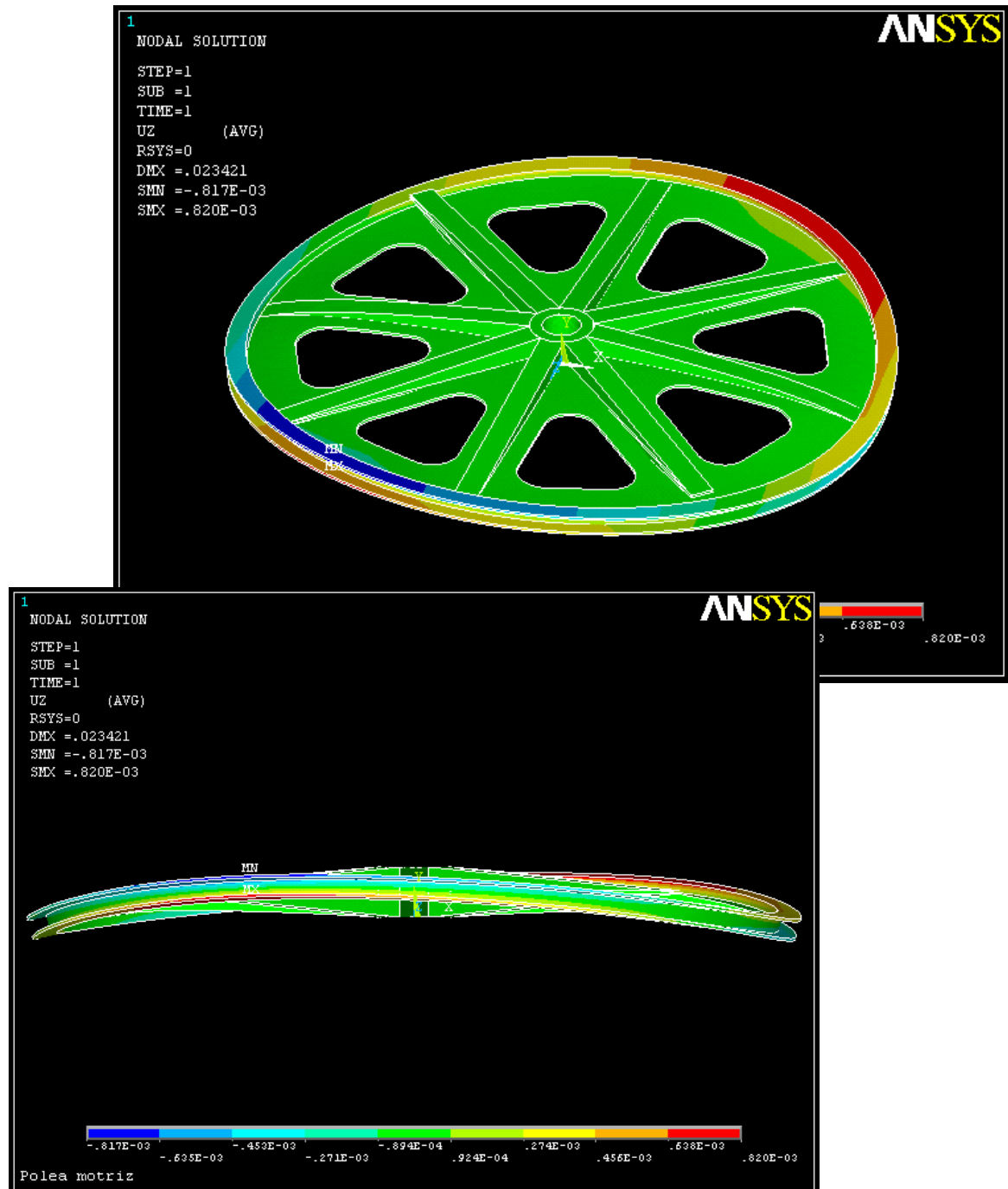
2.3.2.2.- EJE Y



Figs. 5.15/5.16 Traslación en el eje Y. Vistas en perspectiva y en planta



2.3.2.3.- EJE Z



Figs. 5.17/5.18 Traslación en el eje Z. Vistas en perspectiva y en perfil



Los nodos en los que se producen los valores de desplazamiento máximos son los nodos críticos. Debe recordarse que el programa crea los nodos en la fase de mallado.

Estos nodos son los que soportan las cargas de las sillas. Son el 87 (ubicado en la zona azul del gráfico) y el 2495 (zona roja).

En la siguiente tabla se recogen los resultados de los desplazamientos máximos obtenidos en los nodos críticos

TRASLACIONES (m)				MÁXIMO ADMISIBLE: $2,77 \times 10^{-3}$
EJE X	Nº de nodo	87	$1,1892 \times 10^{-5}$	
	Nº de nodo	2495	$1,1894 \times 10^{-5}$	
EJE Y	Nº de nodo	87	$5,112 \times 10^{-5}$	
	Nº de nodo	2495	$2,3347 \times 10^{-4}$	
EJE Z	Nº de nodo	87	$0,82 \times 10^{-6}$	
	Nº de nodo	2495	$8,17 \times 10^{-6}$	

Fig. 5.19 Resumen de traslaciones

De acuerdo con los resultados, el valor que debe tenerse en cuenta en lo que a traslaciones se refiere es el obtenido en la dirección Y, de valor $2,3347 \times 10^{-4}$ ya que es el máximo obtenido en los nodos sobre los que se aplica la carga correspondiente al peso de las sillas.

Como ocurre en el caso de la deformación, este valor equivale al desplazamiento del cable respecto de su posición inicial.



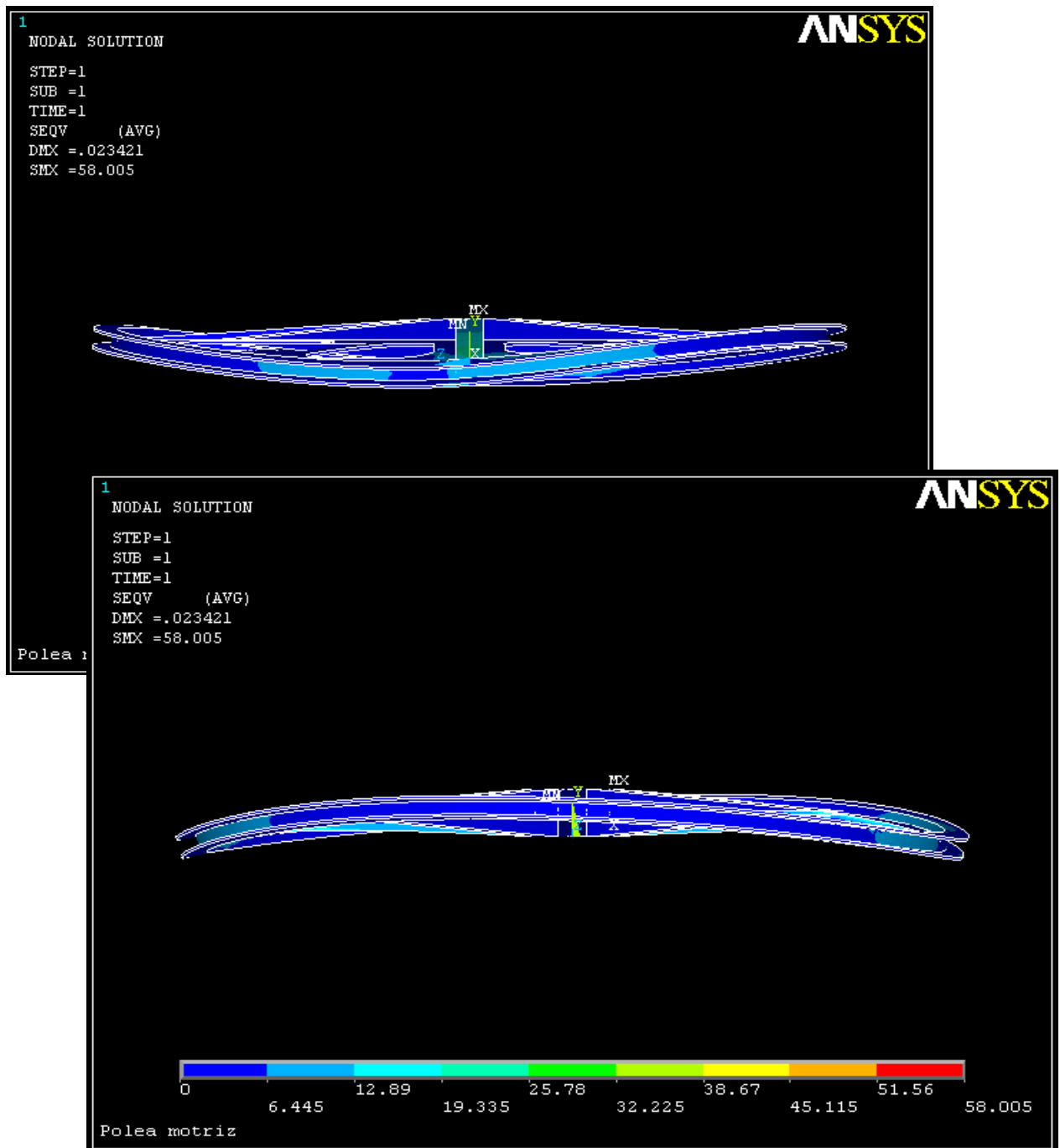
Dicho desplazamiento es del orden de diez veces menor al contemplado en la norma UNE-EN_12930 que determina los valores máximos permitidos en el cálculo de este tipo de instalaciones.

Esta diferencia se debe a que el dimensionamiento de los elementos constructivos, y de la polea en este caso concreto, influyen no sólo los coeficientes de seguridad aplicables a las cargas para determinar la hipótesis más desfavorable, sino también los que afectan al resto de elementos de la instalación, especialmente los que repercuten en la determinación de la vida de los elementos tribológicos, estimada en un mínimo de 25.000 horas. Obtener resultados alejados de los valores críticos garantiza que en las peores condiciones de explotación, la instalación es segura.

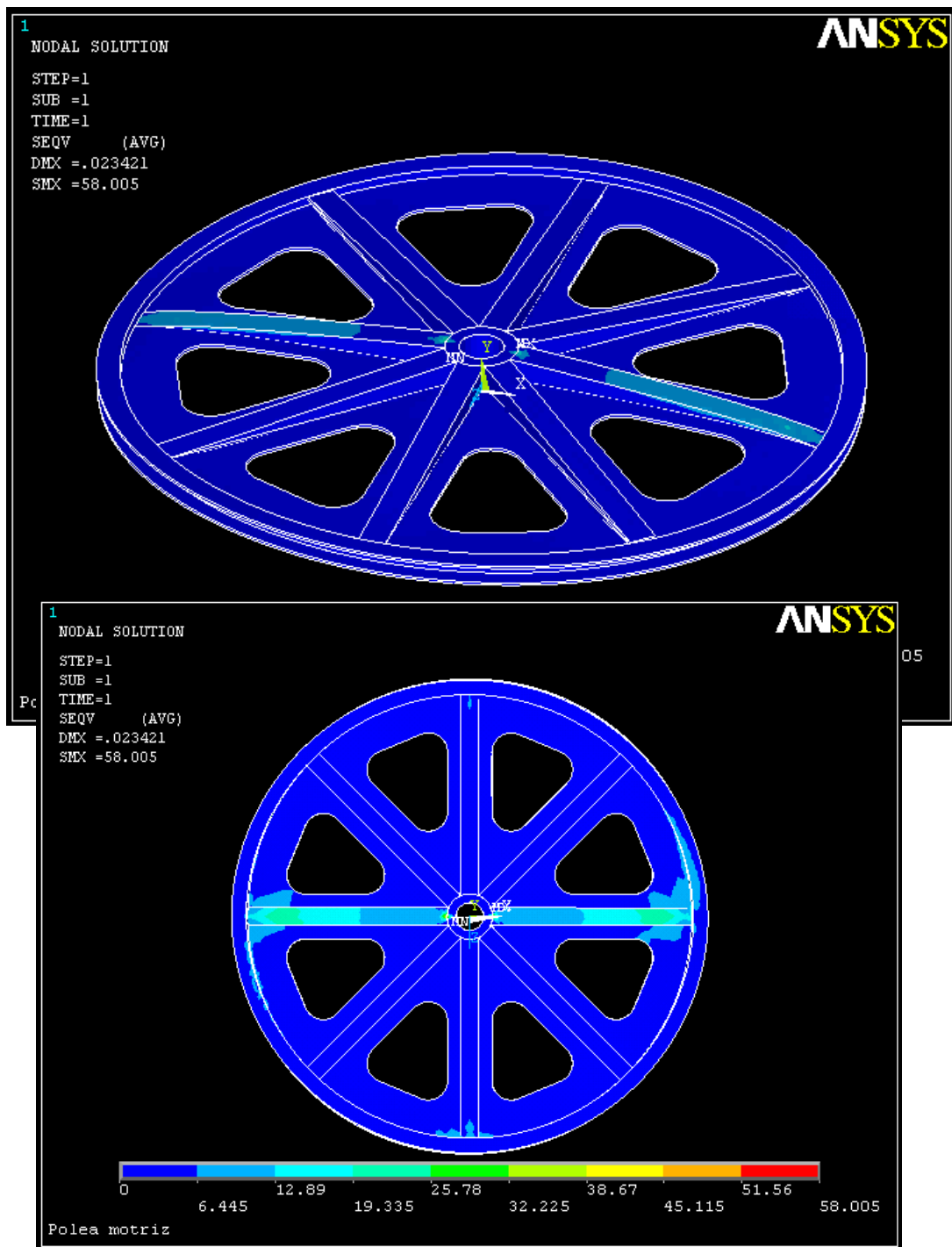


2.3.3.- Tensión de Von Mises

De acuerdo con la Norma UNE-EN 13796-1 que trata de los Requisitos de seguridad en los elementos de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas, las justificaciones deben efectuarse con las tensiones equivalentes de Von Mises con respecto al límite de elasticidad del material.



Figs. 5.20/5.21 Tensión de Von Mises. Vistas en perfil



Figs. 5.22/5.23 Tensión de Von Mises. Vistas en perspectiva y planta

El valor máximo de la tensión de Von Mises es de 58,005 MPa, y se obtiene en los nervios de la polea en cuyos extremos están aplicadas las cargas puntuales. Como se puede observar, estas cargas son las más críticas del modelo.



De acuerdo con la norma citada debemos comparar el valor obtenido con un valor reducido del límite elástico. El coeficiente de seguridad debe ser superior a 2.

El material de la polea es fundición gris, que presenta un límite de elasticidad de 250 MPa. El coeficiente de reducción que se aplica por norma es 0,72, por lo que el valor crítico de la tensión de Von Mises en la polea motriz es:

$$0,72 \times 250 = 180 \text{ MPa}$$

$$\text{Coeficiente de Seguridad: } 180 / 58,005 = 3,1$$

$$3,1 > 2$$

El coeficiente de seguridad supera el mínimo exigido, lo que indica que la polea está sobredimensionada, como es habitual en instalaciones destinadas al transporte de personas. Se concluye, por tanto, que la polea es segura.



3.- POLEA EN LA CURVA

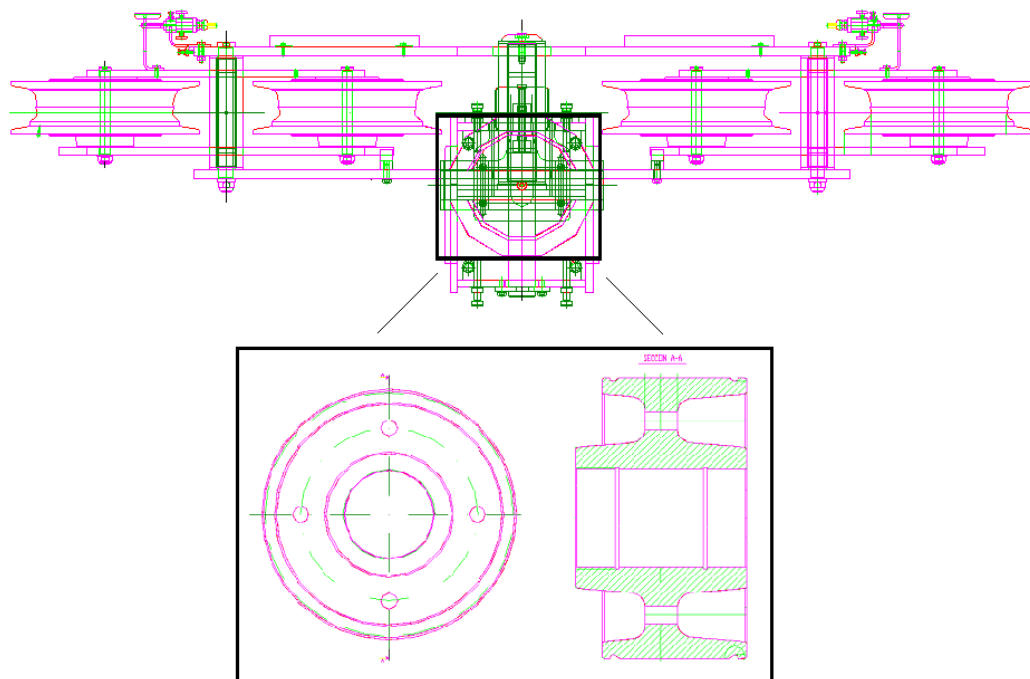
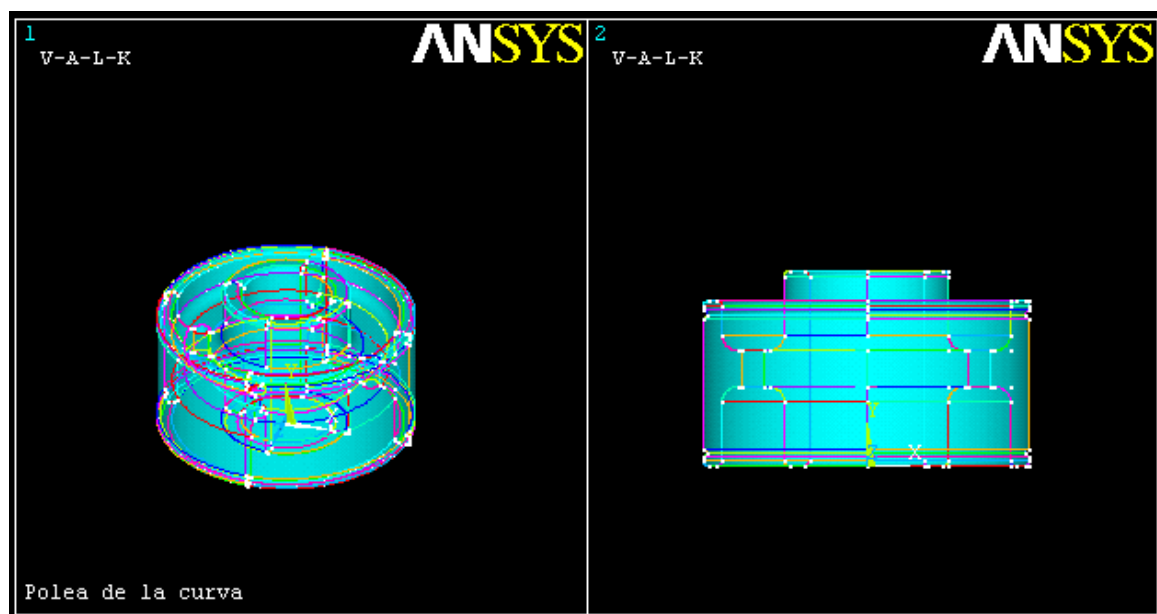


Fig. 5.24 Detalles de planos. Cuerpo de polea del tren de la curva objeto de estudio



Figs. 5.25/5.26 Volumen y líneas que conforman la geometría del cuerpo de la polea



3.1.- GEOMETRÍA

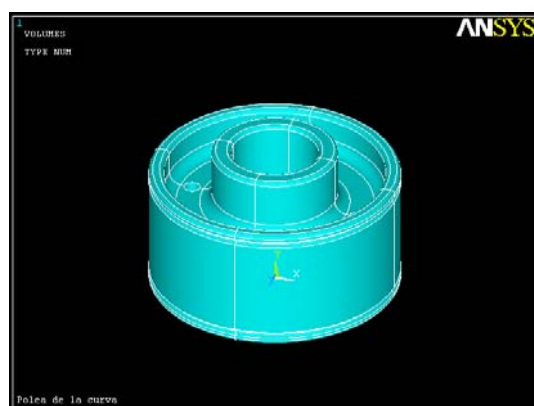


Fig. 5.27 Volumen del cuerpo de la polea. Perspectiva

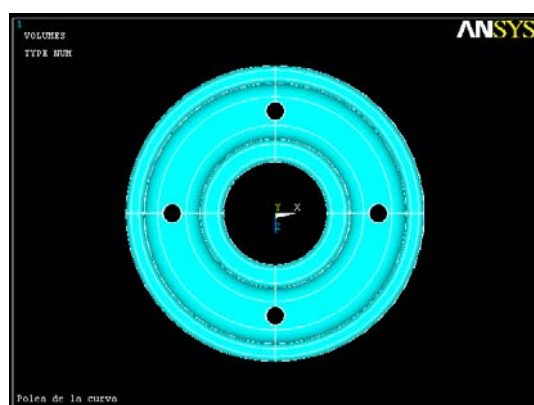


Fig. 5.28 Volumen del cuerpo de la polea. Planta

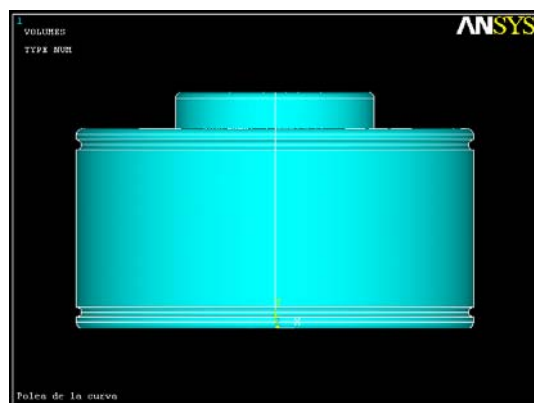


Fig. 5.29 Volumen del cuerpo de la polea. Perfil

A continuación, se presentan los resultados relativos al estudio del cuerpo de la polea horizontal de un tren de poleas de la zona curva del trazado.

Cada uno de estos trenes, consta de cuatro poleas verticales y una horizontal entre cada pareja.

Cada polea está constituida por un bloque que conforma el cuerpo, al que se acoplan las pestañas, cuya función es el guiado del cable. Es este bloque el que soporta las cargas, de manera que el estudio se realiza sobre este elemento.

El cuerpo de la polea mide 0,315 m de diámetro y la altura del eje es de 0,188 m.

El sólido utilizado en el pre-procesador es de nuevo el Solid 95, un elemento 3-D con 20 nodos especialmente indicado para modelar perfiles curvos.

A la derecha se presentan las imágenes del modelo geométrico obtenido en Ansys. En el Anexo 1 se detallan los elementos constitutivos del mismo.



3.2.- MALLADO

El mallado se convierte de nuevo en el momento crítico del proceso, a pesar de que esta geometría es más sencilla que la anterior. No obstante los taladros obligan a refinados locales sucesivos.

El tamaño del elemento se selecciona manualmente, hasta encontrar aquél que determina una malla lo suficientemente pequeña afín al modelo inicial.

El resultado obtenido para un mallado por áreas de tamaño de elemento 3 es el que muestran las imágenes de la derecha.

Con este mallado se obtienen 46.228 nodos, o lo que es lo mismo, el programa correrá 46.228 ecuaciones cada vez al aplicar el método de los elementos finitos.

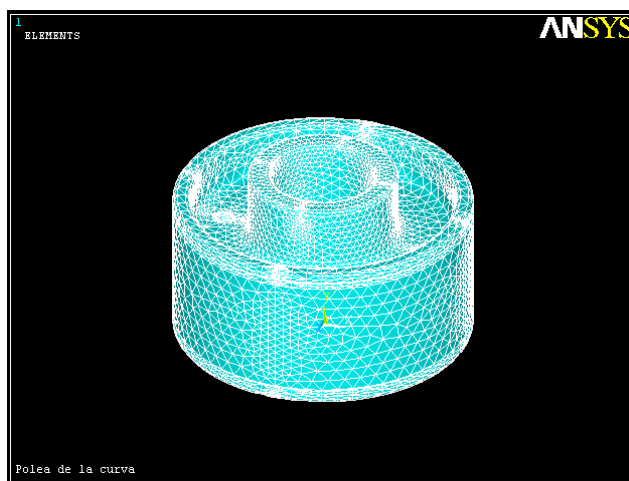


Fig. 5.30 Mallado del cuerpo de la polea.
Perspectiva

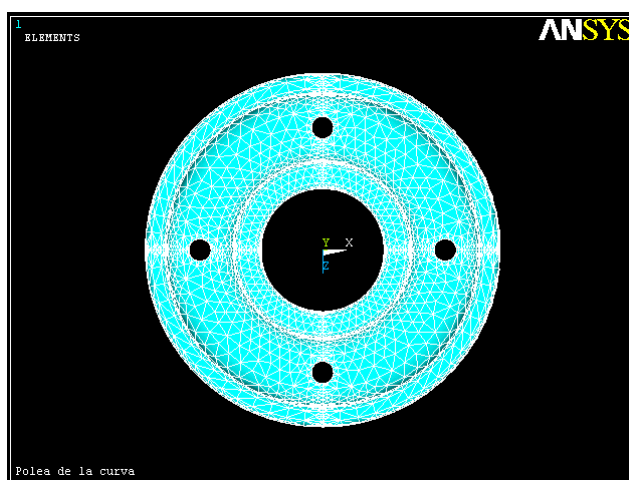


Fig. 5.31 Mallado del cuerpo de la polea.
Planta

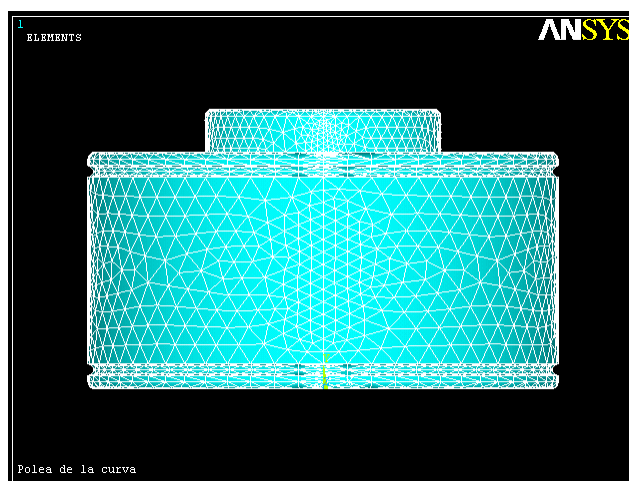


Fig. 5.32 Mallado del cuerpo de la polea.
Perfil



3.2.1.- Nodos

NODO	X	Y	Z
1	55.00	183.00	0.00
2	55.00	5.00	0.00
3	60.00	0.00	0.00
...			
46226	13.258	148.86	-149.27
46227	-135.08	148.84	-63.50
46228	-2.63	7.15	152.66

Fig. 5.33 Nodos del cuerpo de la polea de la curva

3.3.- RESULTADOS

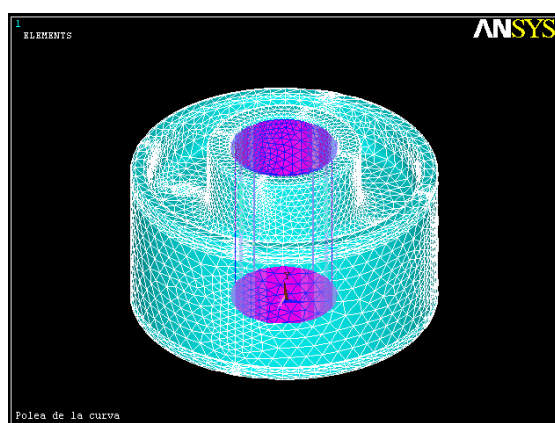


Fig. 5.34 Definición de cargas en la curva

Se restringen los tres grados de libertad de los nodos del área interior del cilindro axial hueco de la polea y se la somete a la acción de las cargas recogidas en el capítulo anterior para el caso más desfavorable; esto es, para aquél correspondiente a la explotación en el

momento en que se le aplica la carga de una silla ocupada. Así mismo, las

condiciones ambientales son las peores de las contempladas.



3.3.1.- Deformada

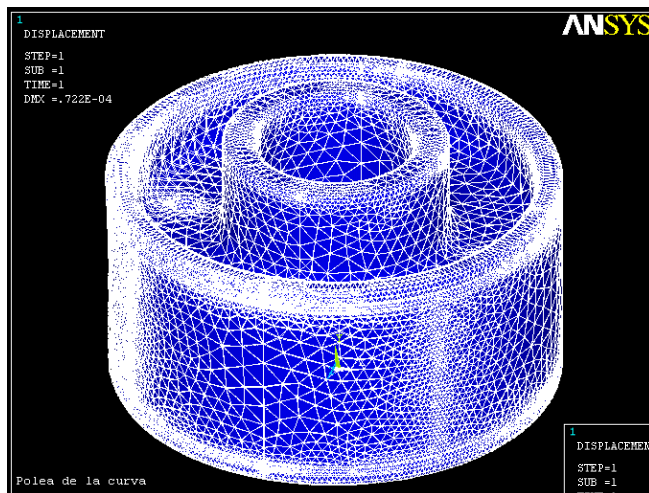
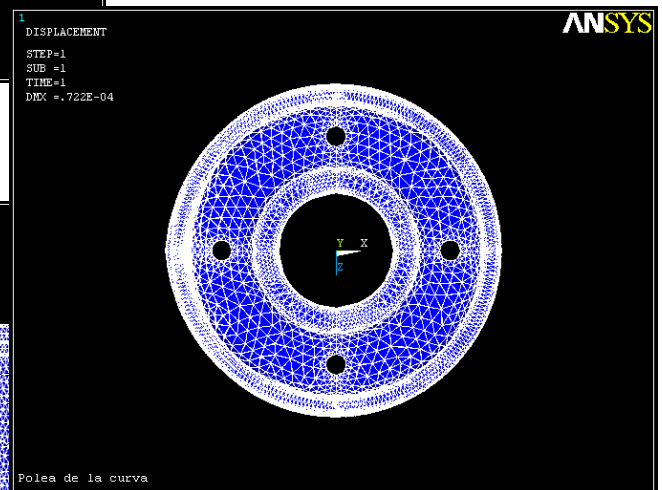
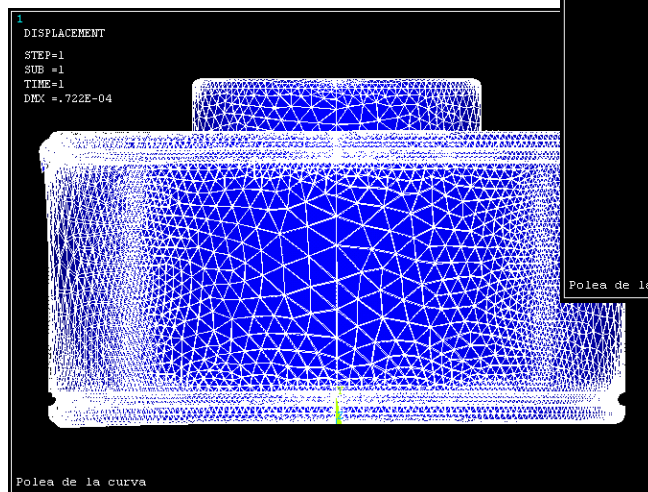


Fig 5.35 Deformación. Perspectiva

Fig 5.36 Deformación. Planta

Fig 5.37 Deformación. Perfil



De acuerdo con las Normas 12929_1 y EN 13107, y como ocurría en el caso anterior, el factor limitante son las oscilaciones y traslaciones del cable respecto de su eje, por ser el que afecta directamente a la seguridad de toda la instalación.

Las oscilaciones y traslaciones máximas permitidas son de 0,015 rad. Si se tiene en cuenta que el cable presenta un radio nominal e 0.026m, el valor límite con el que deben compararse los resultados obtenidos será:

$$0,026 \times 0,015\pi = 1,225 \times 10^{-3} \text{ m}$$



El cuerpo de la polea se deforma $7,22 \times 10^{-7}$ m en el nodo de máxima deflexión, esto es, aquél sobre el que está aplicada la carga puntual del peso de la silla.

La deformación producida es despreciable respecto de la esperada, lo que supone que los coeficientes aplicados en el dimensionamiento de la polea superan a los de seguridad recogidos en la normativa, por lo que al realizar la simulación, el modelo resulta estar lejos del caso más desfavorable. La polea está por tanto dimensionada, como es de esperar en instalaciones aéreas de viajeros.



3.3.2.- Traslaciones

Las mayores traslaciones se esperan en la dirección del eje Y, ya que el peso de la silla es una carga puntual aplicada en el extremo de sujeción de la pestaña de guiado del cable, en dirección axial por ser la polea horizontal.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada dirección y se comentan posteriormente a partir del cuadro resumen que los compara.

3.3.2.1.- EJE X

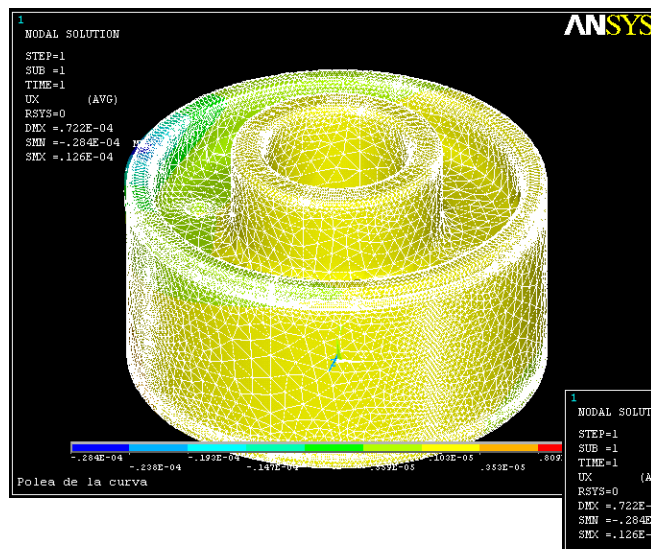
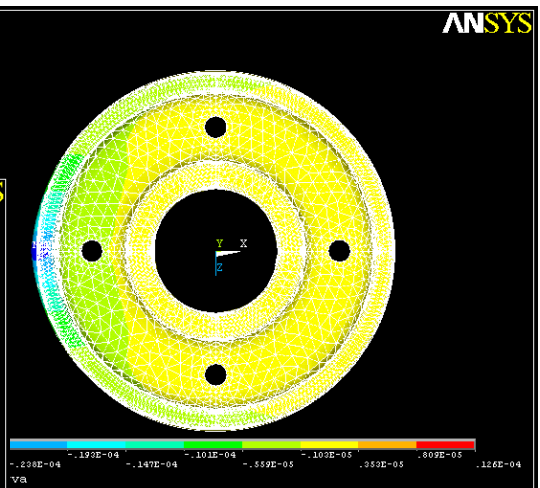
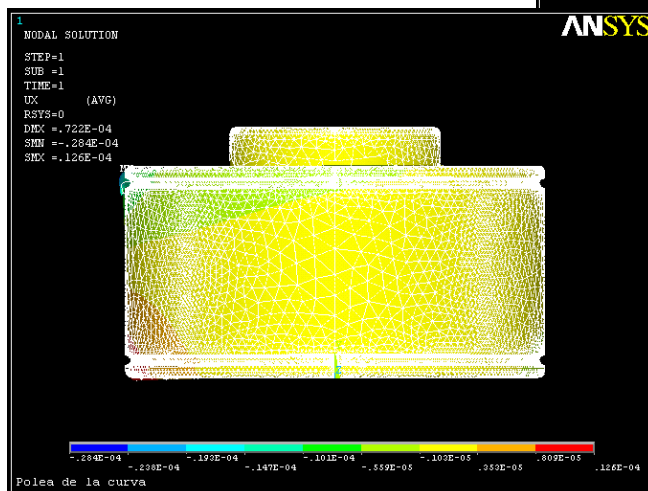


Fig 5.38 Traslación en X. Perspectiva

Fig 5.39 Traslación en X. Planta

Fig 5.40 Traslación en X. Perfil



La traslación máxima en el eje X es de $0,284 \times 10^{-7}$, resultando despreciable frente a la admitida por la normativa, que establece el valor crítico en $1,225 \times 10^{-3}$ m.



3.3.2.2.- EJE Y

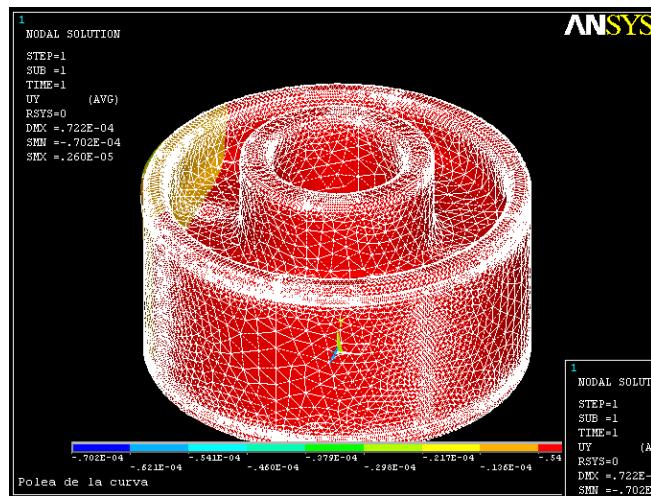
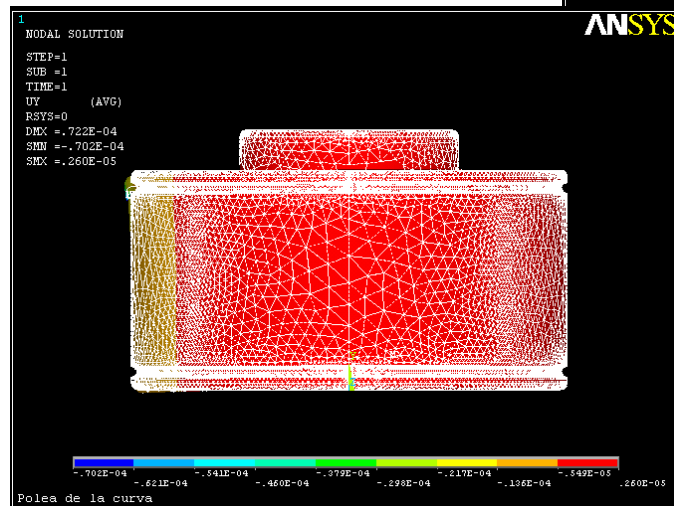
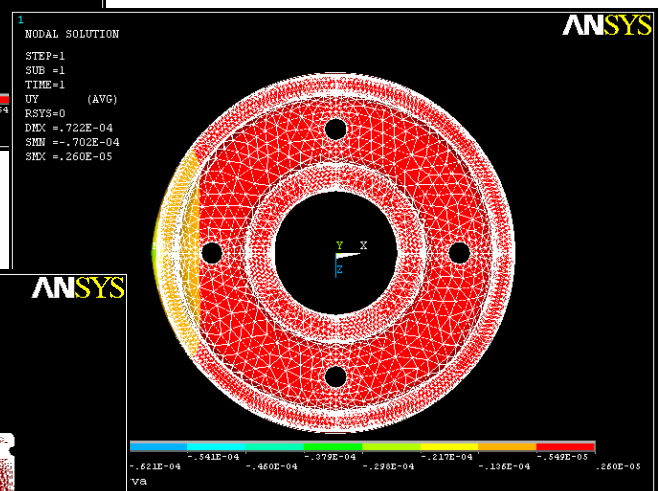


Fig 5.41 Traslación en Y. Perspectiva

Fig 5.42 Traslación en Y. Planta

Fig 5.43 Traslación en Y. Perfil



La traslación máxima en el eje Y es de $0,260 \times 10^{-4}$, resultando aproximadamente la décima parte de la α la admitida por la normativa.

Esto se debe, como en el caso de la polea motriz, a que el dimensionamiento de los elementos constructivos se ha efectuado aplicando los coeficientes de seguridad necesarios tanto en el cálculo de las cargas como en la determinación de la vida de los elementos tribológicos, por lo que al plantear el modelo real de cargas, se llega a resultados alejados de los valores críticos, lo



que garantiza que en las peores condiciones de explotación, la instalación es segura.

3.3.2.4.- EJE Z

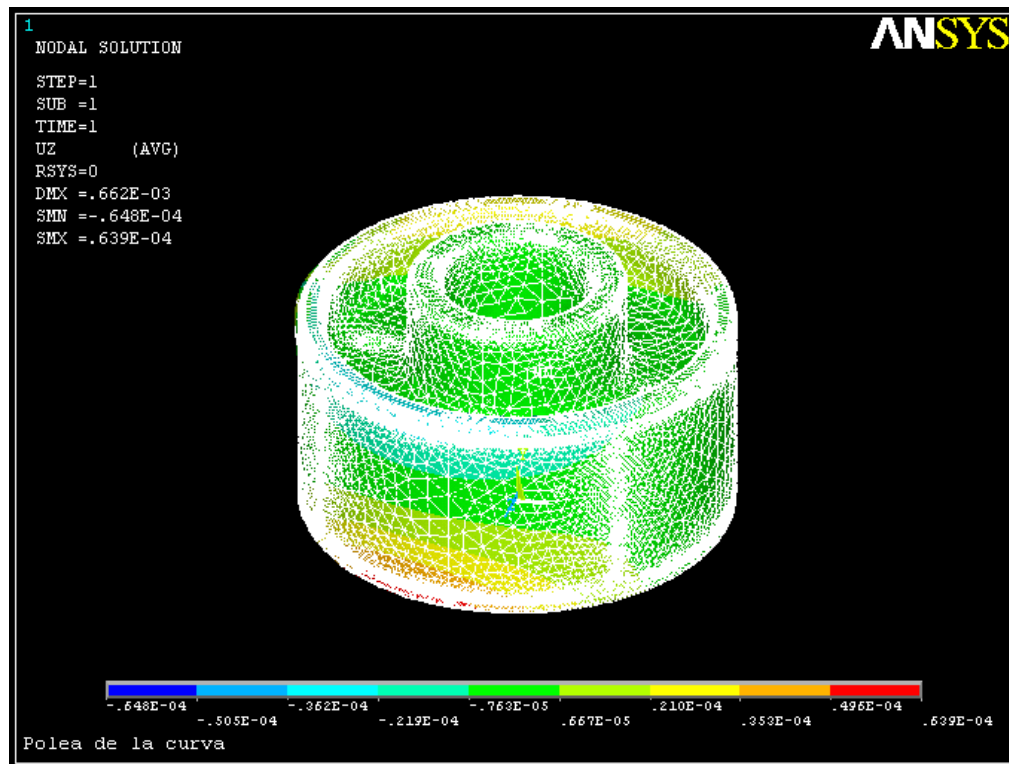


Fig 5.44 Traslación en Z. Vista e perspectiva

La traslación máxima en el eje Z es de $0,639 \times 10^{-7}$, resultando despreciable frente a la admitida por la normativa, como en el caso de la traslación en X.

Esto se debe a que la carga que resulta crítica está aplicada en dirección axial, por lo que los esfuerzos que soporta la polea en las otras dos direcciones son muy inferiores. El eje en el que el valor de la traslación resulta importante es el eje Y.

El nodo en el que se producen los valores de desplazamiento máximos es el nodo crítico. Este nodo es el que soporta la carga de la silla.



En la siguiente tabla se recogen los resultados de los desplazamientos máximos obtenidos en el nodo crítico:

TRASLACIONES EN EL MODELO (m)	
EJE X	$0,284 \times 10^{-7}$
EJE Y	$0,260 \times 10^{-4}$
EJE Z	$0,639 \times 10^{-7}$

MÁXIMO ADMISIBLE: $1,225 \times 10^{-3}$ m

Fig. 5.45 Resumen de traslaciones

El valor que debe tenerse en cuenta en lo que a traslaciones se refiere, es el obtenido en la dirección Y, de valor $0,260 \times 10^{-4}$, el máximo obtenido en el nodo al que se aplica la carga correspondiente al peso de las sillas.

Como ocurre en el caso de la deformación, este valor equivale al desplazamiento del cable respecto de su posición inicial.

La traslación en el eje Y resulta despreciable frente al contemplado en la Norma UNE-EN_12930 que determina los valores máximos permitidos en el cálculo de este tipo de instalaciones y lo establece en $1,225 \times 10^{-3}$ m.

Esta diferencia se debe a que el dimensionamiento de los elementos constructivos, y de la polea horizontal de la curva, en este caso, influyen no sólo los coeficientes de seguridad aplicables a las cargas para determinar la hipótesis más desfavorable, sino también los que afectan al resto de elementos de la instalación, especialmente los que repercuten en la determinación de la vida de los elementos tribológicos, estimada en un mínimo de 25.000 horas.

Obtener resultados tan alejados de los valores críticos garantiza que en las peores condiciones de explotación, la instalación es segura.



3.3.3.- Tensión de Von Mises

Como ocurría en el estudio de la polea motriz, de acuerdo con la Norma UNE-EN 13796-1, las justificaciones deben efectuarse con las tensiones equivalentes de Von Mises con respecto al límite de elasticidad del material

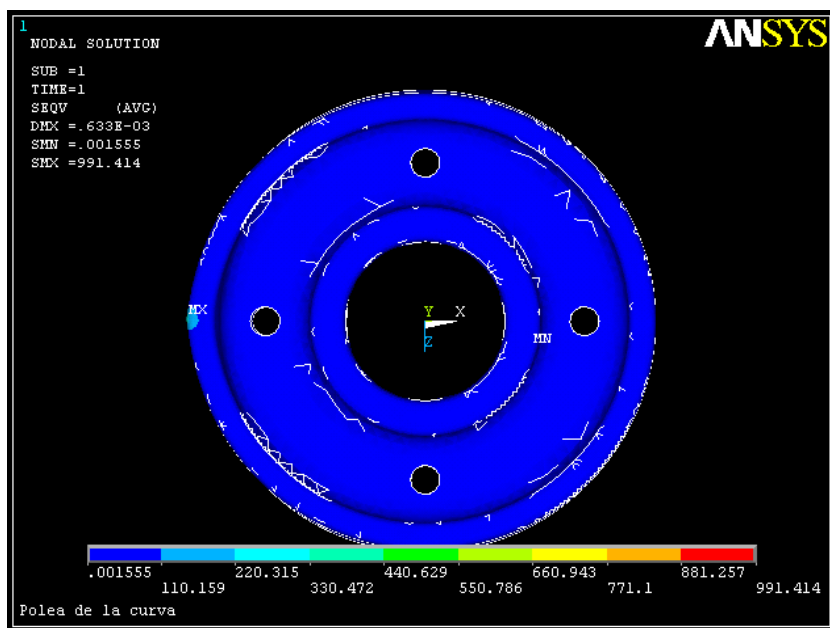


Fig. 5.45 Tensión de Von Mises. Vista en planta

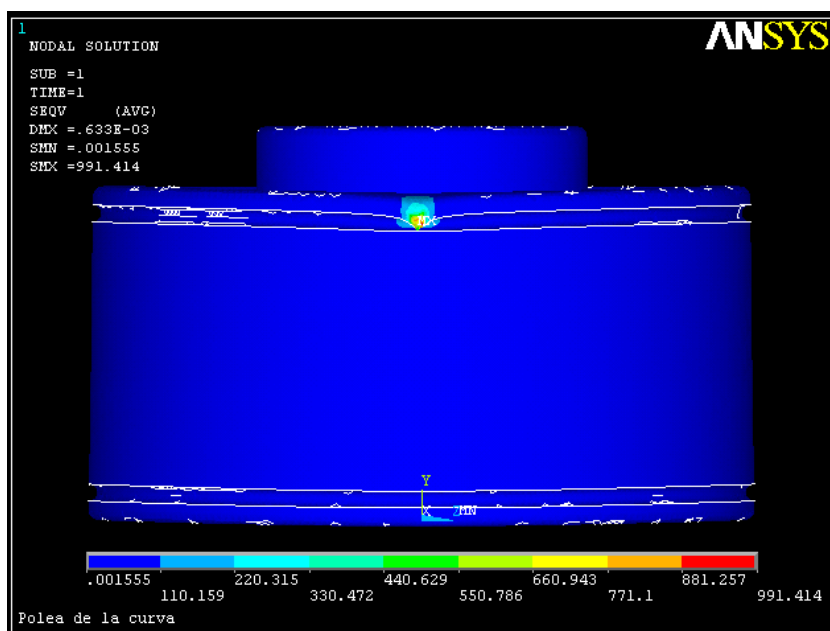


Fig. 5.46 Tensión de Von Mises. Vista en perfil



El valor máximo de la tensión de Von Mises es de 99,141 MPa, y se obtiene en el nodo en el que está aplicada la carga puntual. Como se puede observar, ésta vuelve a ser la carga más crítica del modelo.

De acuerdo con la norma citada debemos comparar el valor obtenido con un valor reducido del límite elástico. El coeficiente de seguridad debe ser superior a 2.

El material de la polea es acero A42, que presenta un límite de elasticidad de 420 MPa. El coeficiente de reducción que se aplica por norma es 0,72, por lo que el valor crítico de la tensión de Von Mises en la polea motriz es:

$$0,72 \times 420 = 302,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Coeficiente de Seguridad: } 302,4 / 99,141 = 3,05$$

$$3,05 > 2$$

El coeficiente de seguridad supera el mínimo exigido, lo que indica que la polea está sobredimensionada, como es habitual en instalaciones destinadas al transporte de personas. Se concluye, por tanto, que la polea es segura.



4.- JUSTIFICACIÓN DE ERRORES

La mayoría de los errores y desventajas de ANSYS, se deben al elemento finito utilizado por el programa para realizar los análisis.

La solución otorgada por el programa es una compleja mezcla de cálculos discretos. Y los esfuerzos, temperaturas y otras propiedades representan parámetros continuos. Dicho esto, los resultados arrojados por ANSYS son aproximaciones que dependerán del número de elementos utilizados.

La geometría del objeto que analizado puede generar errores en la solución debido a que si el mallado realizado no mantiene ciertos parámetros en rango predeterminados como son los ángulos de las aristas, así como las relaciones de tamaño en ellas, el método puede fallar en un punto afectando así a la convergencia del sistema.

La densidad de elementos utilizados debe ser ingresada de manera manual. Es decir el usuario hace correr ANSYS aumentando paulatinamente la cantidad de elementos utilizados hasta conseguir una convergencia que varíe menos que el criterio de parada utilizado. Esto genera gran costo computacional que no siempre es asumible por el ordenador con el que se lleva a cabo el trabajo.

Por otra parte, debido a la utilización de un rango discreto en cuanto a las propiedades de la materia, se debe aumentar la cantidad de puntos en el mallado del objeto en los puntos en que el gradiente de la propiedad analizada sea muy grande para obtener resultados más precisos. Esto también aumente el costo computacional y puede provocar fallo del sistema o falta de precisión en el modelo.



CONCLUSIONES

En este proyecto se ha realizado el estudio de la seguridad del telesilla Dílar. Para ello se ha tomado como referencia el Pliego de Condiciones Técnicas para la Construcción y Explotación de las Instalaciones de Teleféricos y Funiculares Para Transporte de Viajeros aprobado por la Orden Ministerial de 14 de enero de 1998, y la normativa a la que éste remite en caso de omisión.

Tras efectuar las verificaciones comparando las especificaciones técnicas del remonte con los requisitos establecidos por el reglamento, se concluye que el telesilla Dílar cumple el canon de seguridad exigible.

Por otra parte, se han realizado simulaciones con un programa basado en elementos finitos, tanto de la polea motriz como de las poleas de la curva del remonte, para corroborar a partir del desarrollo del modelo de cargas real, que dos elementos situados en puntos críticos del trazado cumplen con la reglamentación.

De este modo profundizamos en el estudio de seguridad, contemplando lo establecido en el pliego de condiciones en referencia a los elementos de transmisión. Lo hacemos aplicando un sistema de trabajo diferente al habitual, ya que hasta el momento, la seguridad de estos elementos se documenta bien por bibliografía de ensayos en laboratorio, bien por comportamiento de los mismos en instalaciones anteriores.

En las simulaciones han sido representadas reproducciones fidedignas del modelo real de cargas aplicadas tanto en la polea motriz como en una de las poleas horizontales de la curva y las conclusiones derivadas del análisis de resultados son las siguientes:

En lo que respecta a la polea motriz, de acuerdo con las Normas 12929_1 y EN 13107, el factor limitante lo determinan las oscilaciones y traslaciones del cable respecto de su eje, por ser el que afecta directamente a la seguridad de toda la instalación.



Como recogen los resultados del Capítulo 5, la traslación máxima permitida es $2,77 \times 10^{-3}$ m.

En el modelo computacional, la polea se deforma $2,34 \times 10^{-4}$ m en los nodos de máxima deflexión, siendo éstos sobre los que actúan los pesos de las sillas como cargas puntuales. Lo que se traduce en una traslación del cable de $2,34 \times 10^{-4}$ m, ya que ésta es la distancia que lo desvía por debajo de su posición de partida.

La desviación producida es la décima parte de la esperada, lo que supone que los coeficientes aplicados en el dimensionamiento de la polea superan a los de seguridad recogidos en la normativa, por lo que al realizar la simulación, el modelo resulta estar lejos del caso más desfavorable, como es de esperar en instalaciones aéreas de viajeros.

Por otra parte, de acuerdo con la Norma UNE-EN 13796-1, las justificaciones deben efectuarse con las tensiones equivalentes de Von Mises con respecto al límite de elasticidad del material.

El valor máximo de la tensión de Von Mises es de 58,005 MPa, y se obtiene en los nervios de la polea en cuyos extremos están aplicadas las cargas puntuales.

De acuerdo con la norma citada debemos comparar el valor obtenido con un valor reducido del límite elástico. El coeficiente de seguridad debe ser superior a 2.

El material de la polea es fundición gris, por lo que el valor crítico de la tensión de Von Mises en la polea motriz son 180 MPa.

Si calculamos el coeficiente de seguridad, obtenemos:

$$\text{Coeficiente de Seguridad: } 180 / 58,005 = 3,1$$

$3,1 > 2$



Con respecto a la polea de la curva se realizan las mismas verificaciones. En este caso, la traslación máxima permitida son $1,225 \times 10^{-3}$ m.

La simulación muestra que el cuerpo de la polea se deforma $7,22 \times 10^{-7}$ m en el nodo de máxima deflexión, esto es, aquél sobre el que está aplicada la carga puntual del peso de la silla.

La deformación producida es despreciable respecto de la esperada, lo que supone que los coeficientes aplicados en el dimensionamiento de la polea superan también en este caso los de seguridad recogidos en la normativa, por lo que al realizar la simulación, el modelo resulta estar lejos del caso más desfavorable.

Como ocurría en el estudio de la polea motriz, de acuerdo con la Norma UNE-EN 13796-1, efectuamos la justificación con las tensión equivalente de Von Mises con respecto al límite de elasticidad del material.

El valor máximo de la tensión de Von Mises obtenido por simulación es de 99,141 MPa, y se obtiene en el nodo en el que está aplicada la carga puntual.

De acuerdo con la norma citada debemos comparar el valor obtenido con un valor reducido del límite elástico, siendo de nuevo el coeficiente de seguridad superior a 2.

El material de la polea es acero A42, por lo que el valor crítico de la tensión de Von Mises en la polea motriz son 302,4 MPa.

En este caso:

$$\text{Coeficiente de Seguridad: } 302,4 / 99,141 = 3,05$$

$3,05 > 2$

Como se ha visto, los coeficientes de seguridad superan el mínimo exigido, lo que indica que las poleas están sobredimensionadas, como es habitual en



instalaciones destinadas al transporte de personas. Se concluye, por tanto, que las poleas son seguras. Con estos resultados se cierra un análisis de la instalación que demuestra que no sólo cumple, sino que supera los criterios mínimos exigibles, de manera que ante una situación de riesgo existe un margen que permite evitar accidentes ya que el diseño del remonte se ha realizado del lado de la seguridad



BIBLIOGRAFÍA

ORRO, A.; NOVALES, M; RODRÍGUEZ BUGARÍN, M: *Transporte por cable*. A Coruña: Tórculo Artes Gráficas, 2003.

ESPAÑA. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, Consejo Superior de Transportes Terrestres. *Curso de transporte por cable*. Madrid, 1971.

RUIZ REQUENA, A.: *Sistemas de transporte*. Universidad de Granada, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1995.

DOPPELMAYR, A; *Conceptual Inputs for Optimizing the Functional Efficiency of Circulating Monocable Ropeways*, Wolfurt, 1997.

GRECO, G; Teleféricos de vaivén. Teleféricos de movimiento continuo. En: *Curso de transporte por cable*, Consejo Superior de Transportes Terrestres, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1971. pp. 57-93.

RUIZ REQUENA, A; *Sistemas de transporte*, Universidad de Granada, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1995.

TREMEY, G; Planteamiento general del transporte por cable. En: *Curso de transporte por cable*, Consejo Superior de Transportes Terrestres, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 1971. pp. 25-55.

2007 Worldwide, Doppelmayr/Garaventa Group, Ideal Marketing, Innsbruck, 2008.

DOPPELMAYR, A; *Detachable chairlifts- reliable comfort*, Wolfurt, 2008.

ESPAÑA. Real Decreto 596/02, de 28 de junio, *Por el que se regulan los requisitos que deben cumplirse para la proyección, construcción, puesta en servicio y explotación de las instalaciones de teleféricos y funiculares para el transporte de viajeros*. Boletín Oficial del Estado, julio de 2002.



ESPAÑA. Orden Ministerial, de 14 de enero de 1998, *Por la que se aprueba el pliego de condiciones técnicas para la construcción y explotación de las instalaciones de teleféricos y funiculares para el transporte de viajeros*. Boletín Oficial del Estado, febrero de 1998.

AENOR. *Cables de acero. Seguridad*. UNE-EN 12385, Madrid, 2005.

AENOR. Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Explotación. UNE-EN 12397, Madrid, 2004.

AENOR. Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. UNE-EN 12927, Madrid, 2004.

AENOR. Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Requisitos generales. Parte 1: Requisitos aplicables a todas las instalaciones. UNE-EN 12929, Madrid, 2004.

AENOR. Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Cálculos. UNE-EN 12930, Madrid, 2004.

AENOR. Requisitos de seguridad para el transporte de personas por cable. Obra civil. UNE-EN 13107, Madrid, 2004.

AENOR. Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Accionamientos y otros dispositivos mecánicos. UNE-EN 13223, Madrid, 2004.

AENOR. Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas. Dispositivos eléctricos distintos del accionamiento. UNE-EN 13243, Madrid, 2004.

AENOR. Requisitos de seguridad para el transporte de personas por cable. Vehículos. Parte 1: Enganches, carros, frenos a bordo, cabinas, sillas, coches, vehículos de mantenimiento, arrastre. UNE-EN 13796, Madrid, 2004.



Página del Grupo de Ferrocarriles y Transportes:

[http: //caminos.udc.es/ferrotrans](http://caminos.udc.es/ferrotrans)

Página de la Junta de Andalucía:

[http: //www.juntadeandalucia.es/boja/boletines/2009/138](http://www.juntadeandalucia.es/boja/boletines/2009/138)

Página de la Red de Parques Nacionales:

[http: //reddeparquesnacionales.mma.es/parques/sierra/index.htm](http://reddeparquesnacionales.mma.es/parques/sierra/index.htm)

Página de Cetursa:

[http: //www.cetursa.es/](http://www.cetursa.es/)

Página del periódico Nevasport:

[http: //www.nevasport.com/noticias/](http://www.nevasport.com/noticias/)

Página del periódico Ideal:

[http: //www.ideal.es/granada/prensa](http://www.ideal.es/granada/prensa)

Página de la universidad de Alberta

[http: //www.mece.ualberta.ca/Tutorials/ansys](http://www.mece.ualberta.ca/Tutorials/ansys)